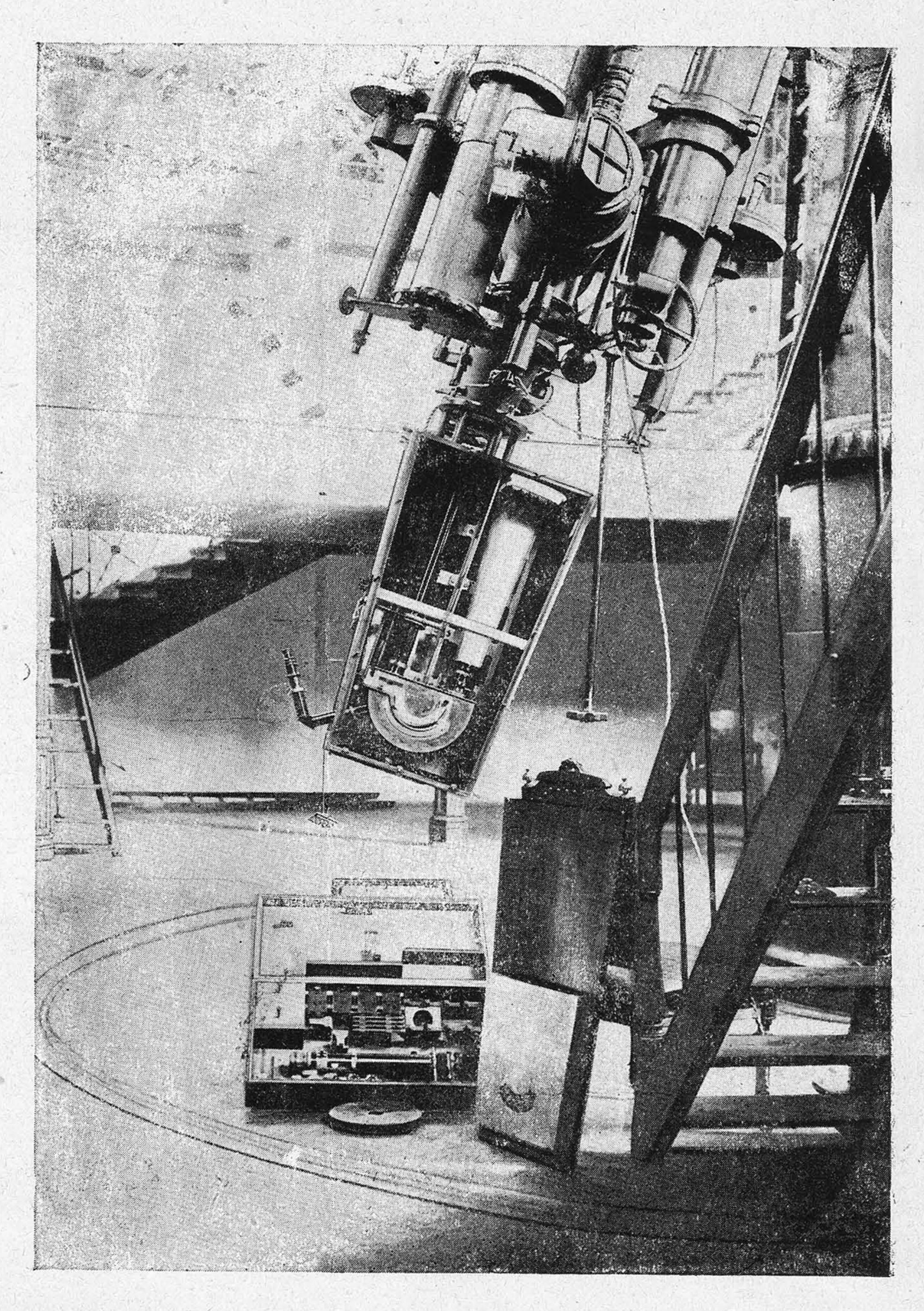
А. А. ИВАНОВ

ДИРЕКТОР ГЛАВНОЙ РОССИЙСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В ПУЛКОВЕ
И ПРОФЕССОР ПЕТРОГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ★ 1922



Спектрограф на 30-тидюймовом рефракторе Пулковской Обсерватории.

А. А. ИВАНОВ

ДИРЕКТОР ГЛАВНОЙ РОССИЙСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В ПУЛКОВЕ
И ПРОФЕССОР ПЕТРОГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ★ 1922

Р. Ц. Петр. № 1578. Отпечатано 6.000 экз.

5-я Государственная типография (П. П. Сойкин).

Введение.

§ 1. Картина звездного неба.

Из всех наук, доступных в известных пределах для изучения каждому, наибольшее наслаждение и наибольшее удовлетворение может принести одна, именно астрономия, т. е. наука о небе, иначе говоря, наука о звездах, солнце, луне и других небесных светилах.

Чтобы убедиться в этом, достоточно даже человеку, раньше никогда не обращавшему внимания на небо, выйти в ясную безлунную ночь в какое-нибудь открытое место, например, в поле, и хоть в течение 10 минут полюбоваться той прекрасной картиной, которую представляет в такую ночь небо, усеянное бесчисленным, на первый взгляд, множеством звезд различной яркости, с красивой тянущейся через все небо туманной полосой, называемой млечным путем, и с одной или двумя звездами, по своей яркости далеко превосходящими все остальные и потому сразу бросающимися в глаза. Вид такого звездного неба должен приковать к себе внимание всякого, кто потрудится обратить свои взоры на него, и принесет, я уверен, высокое наслаждение, огромное успокоение, хотя бы минутное забвение всех земных треволнений и заронит в душу уже заинтересовавшегося зрителя горячую искру, которая быстро разгорится в пламень жажды узнать, что такое представляют из себя эти блестящие точки, рассеянные по небу и называемые нами звездами.

Такая картина звездного неба, поистине, может быть названа поэтической, и потому первые размышления о звездах, естественно, должны носить характер мистический, сантиментальный, романический. Не возвещают ли нам эти светлые точки волю высшего существа, и не должны ли мы приложить все свои старания, чтобы прочесть эти огненные буквы, начертанные на темном фоне неба? Может быть, эти золотые письмена предопределяют судьбу случайного наблюдателя неба? А, может быть, эти прекрасные светочи суть посредники между наблюдателем, залюбовавшимся бесподобной картиной звездного неба, и близким ему, любимым им лицом, находящимся на далеком от него расстоянии, находящимся в разлуке с ним и также в мечтательном настроении любующимся теми же самыми звездами? В таком случае, не поспешить ли поведать этим поэтическим огонькам свои думы, свои заветные мысли, в надежде, что они будут переданы тому, кто так настойчиво, так страстно захватывает в этот момент ваши чувства, вашу душу и ваше сердце?

Но пока наблюдатель, сидя на одном месте, предается таким мечтаниям, время летит своим чередом, и оказалось, что благодаря теплой ночи он рассматривает эти чудесные огоньки уже не 10 минут, а может быть целый час и даже и 2 и более. И вот, отвлекшись несколько от своих поэтических грез, наблюдатель старается с полной беспристрастностью возможно лучше запечатлеть картину звездного неба, и к своему удивлению он замечает, что эти звезды, не изменив своего взаимного расположения, все вместе однако передвинулись на небе, и, напр., в известной многим характерной группе, состоящей из 7 ярких звезд и носящей название Большой Медведицы, так называемый «хвост», представляемый 3 звездами, из горизонтального положения перешел в положение, значительно наклоненное к горизонту.

Такой весьма простой факт, несомненно, заставит ум наблюдателя усиленно работать, и наблюдатель уйдет домой с назойливой мыслью возможно скорее опять воспользоваться свободным временем и ясной погодой, чтобы снова отправиться в поле полюбоваться звездным небом и попытаться подметить на нем какие-нибудь новые интересные факты. Положим, через две-три недели такой случай представился, и каково же должно быть удивление наблюдателя, когда он в этот второй вечер сразу заметит, что те две весьма яркие звездочки, которые выделялись по своему блеску среди всех других, уже не занимают более своих прежних мест, а переместились среди остальных звезд, неизменно сохранивших свое взаимное расположение, и переместились на довольно заметную величину.

Таким образом интерес наблюдателя к звездному небу усиливается еще более, и в нем уже зарождается стремление к распознанию тайн неба, тайн звездного мира, стремление к более правильному и постоянному наблюдению усеянного звездами небесного свода.

Положим, что одно из новых своих наблюдений над звездным небом вы производите уже через несколько месяцев после первого случайного его созерцания, когда наступили морозы и земля покрылась снежным покровом. Хотя вы своим наблюдательным пунктом избрали прежнее место и производите ваши наблюдения приблизительно в те-же самые часы, но уже с первого взгляда вам, привыкшему вследствие приобретенного известного опыта сразу соединять отдельные яркие звезды в особые довольно естественные группы, становится ясно, что вид звездного неба далеко не тот, каким он был несколько месяцев тому назад. Правда, вы быстро можете отыскать на небе некоторые прежние группы звезд, напр., Большую Медведицу, но расположение их относительно горизонта уже совсем иное, чем было прежде, и так называемый хвост Большой Медведицы, который при первом наблюдении был направлен влево, теперь тянется в прямо противоположную сторону. Далее некоторые группы звезд совсем исчезли, скрылись и отыскать их нет никакой возможности; но зато перед вашими глазами восстают новые необыкновенно красивые сочетания ярких звезд, по своей красоте далеко превосходящие все те группы звезд, которые вы имели возможность изучить при своих первых наблюдениях. В такой красивой группе звезд ваше воображение легко может увидеть изображение какого-нибудь мифического героя, подобно

тому как обычно древние астрономы в различных группах звезд усматривали изображения зверей или действующих лиц из той или другой легенды.

При постоянных наблюдениях неба к этому занятию можно пристраститься настолько, что вы будете обращать внимание на звездное небо при всяком удобном случае, во всяком подходящем для этого месте, а не будете ограничиваться обозрением неба только с вашего постоянного наблюдательного пункта. При таких условиях, конечно, вам придется неоднократно любоваться совершенно особенными, из ряда вон выходящими по своей красоте картинами, наблюдая при этом все новые и новые небесные явления.

Вот вокзал железной дороги, налево от него группа деревьев, и из-за них поднимается луна, имеющая в точности форму полукруга: ровный свет луны освещает слегка весь ландшафт, который в некотором полумраке принимает особенную окраску и так неудержимо влечет вас к себе. Звездное небо при этом далеко не такое темное, каким вы его привыкли видеть в безлунные ночи, и число звезд из-за этого как будто значительно уменьшилось. Долго хотелось бы вам любоваться такой картиной, но лошади увозят вас от вокзала, и вот вы в'ехали в лес, и вам стала доступной для наблюдений лишь узкая полоса неба над вашей головой.

А вот и другая картина. Вы едете в поле, перед вами не очень далеко раскинулась небольшая деревушка, состоящая из нескольких деревянных избушек, среди которых выделяется один каменный домик белого цвета. Вся деревушка утопает в зелени деревьев, уже начавших терять свои листья, и над этим ландшафтом серебрится чрезвычайно узкий, необычайно привлекательный и резко выделяющийся на фоне неба серп луны, распространяющий вокруг какой то особенный меланхолический свет. Душа ваша при этом наполняется радостью, и вы в этот миг забываете все горести вашей жизни.

Вот темная безлунная ночь. Общий вид неба вам уже хорошо знаком, и не он теперь привлекает ваше внимание. На небе происходит что-то особенное. Вдруг в одном месте произошла какая-то вспышка, и огненный след ввиде длинной черточки на несколько мгновений появился тотчас же за этой вспышкой. Не успели вы, как следует, дать себе отчет в только что наблюденном явлении, как ваш взор невольно обращается в другую часть неба, где так же черкнула огненная черточка, исчезнувшая так-же быстро, как и появилась. За ней появилась еще новая, там еще другая, и эта волшебная картина вас совершенно очаровала.

Еще много других картин, одну другой красивее, можно было бы нарисовать, но довольно того, что описано выше. Все такие наблюдения, несомненно, должны возбудить в наблюдателе непреодолимое желание разгадать загадки, представляемые небом при более внимательном изучении многочисленных и весьма разнообразных небесных явлений, и вы совершенно незаметно для себя делаетесь настоящим любителем астрономии и постепенно приступаете к серьезному изучению этой науки.

Но при серьезном изучении астрономии уже нельзя ограничиваться наблюдением неба невооруженным глазом, а необходимо прибегнуть хотя бы к простейшим астрономическим инструментам. Всякий любитель астрономии

должен иметь хотя бы небольшую зрительную трубу, а многие весьма важные результаты относительно звезд и других небесных светил добываются при помощи особых специальных приборов. Результаты эти добываются астрономами-специалистами, все свои силы и всю свою жизнь отдающими астрономическим наблюдениям и исследованиям и работающими в особых учреждениях, называемых астрономическими обсерваториями. Ближайшей нашей задачей и должно служить ознакомление читателя, хотя бы в кратких чертах, с различными способами изучения небесных явлений и с различного рода астрономическими приборами.

ГЛАВА I.

Астрономические инструменты и способы наблюдений.

§ 2. Телескоп.

Самые первые и притом весьма важные выводы относительно движения звезд и других небесных тел, а также относительно некоторых астрономических явлений могут быть сделаны при помощи наблюдений невооруженным глазом. Для той же цели весьма полезным оказывается хороший бинокль. Но для производства большей части астрономических наблюдений необходима зрительная труба, которая служит, так сказать, для приближения наблюдаемых предметов, а следовательно и для их увеличения. Основными частями зрительной трубы являются об'ектив и окуляр. Об'ектив, состоящий из двух сложенных вместе, так называемых собирательных стекол, служит для того, чтобы при помощи лучей, проходящих через него от наблюдаемого предмета, составить изображение этого предмета. Окуляр, состоящий также из двух стекол, служит для рассматривания изображения, образованного об'ективом. Об'ектив и окуляр составляются каждый из двух стекол для того, чтобы изображение наблюдаемого предмета представлялось глазу наблюдателя резко очерченным и не размытым и по возможности не окрашенным в различные цветовые оттенки, так как одно стекло всегда дает изображение не достаточно отчетливое, и, кроме того, лучи, прошедшие через одно стекло, разлагаются и дают ряд цветных изображений, налегающих одно на другое; присоединение же к об'ективу и окуляру вторых стекол, полностью или по крайней мере отчасти, уничтожает эти недостатки. При помощи зрительной трубы можно видеть такие слабые небесные предметы, которые для невооруженного глаза совершенно недоступны. Таким образом мы можем видеть в зрительную трубу весьма большое число слабых звезд, которые называются телескопическими от слова т е л е с к о п, означающего прибор, дающий возможность рассматривать далекие предметы. В телескоп

те выделяющиеся по своей яркости звезды, о которых говорилось при описании картины звездного неба, представляются не в виде светлых точек,

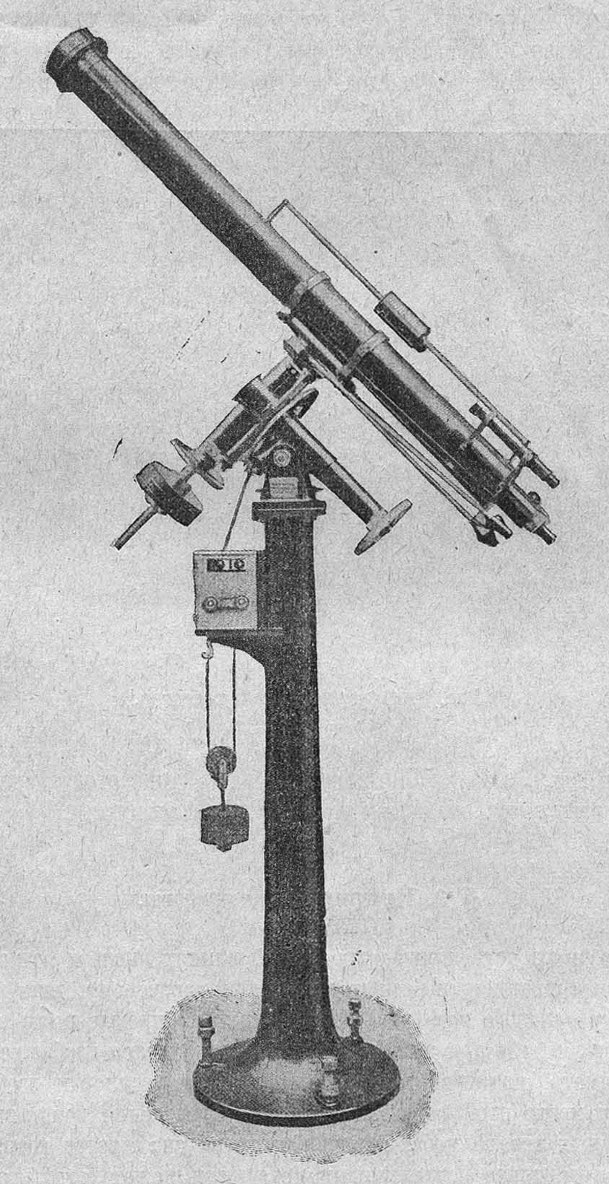


Рис. 1. Телескоп на экваториальной установке с часовым механизмом.

как все остальные звезды, а в виде кружков, или как говорят, в виде дисков, и на этих дисках можно разобрать некоторые подробности. Телескоп дает возможность рассматривать детали на поверхности луны и солнца. Наконец,

он открывает перед наблюдателем весьма большое число таких предметов и образований, о существовании которых при наблюдении невооруженным глазом нельзя было бы и подозревать. Конечно, зрительная труба или телескоп для удобства рассматривания в него различных небесных тел устанавливается на особую подставку. Иногда телескопы устраиваются так, что изображение наблюдаемого предмета получается при помощи отражения от зеркала. Это

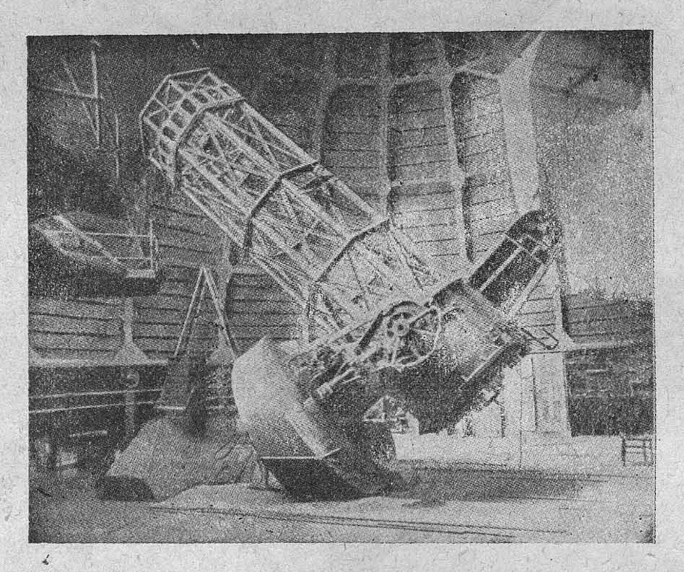


Рис. 2. Отражательный телескоп.

изображение после вторичного отражения рассматривается в окуляр. Такие телескопы называются отражательными или рефлекторами.

§ 3. Измерительные приборы.

При точных астрономических исследованиях нельзя ограничиваться только рассматриванием небесных предметов; астроному еще необходимо производить различного рода измерения. Для этого прежде всего в том месте зрительной трубы, где при помощи об'ектива получается изображение наблюдаемого предмета, натягивается сетка нитей для установки изображения в определенном месте этой сетки. Далее, для определения положений звезд и других небесных тел на небе, зрительная труба снабжается горизонтальным и вертикальным, точно разделенными кругами и может быть вращаема как вокруг вертикальной, так и вокруг горизонтальной оси. При таком вращении на вертикальном круге можно измерить, какой угол составляет направленная на звезду зрительная труба с горизонтальною плоскостью, а по отсчетам на горизонтальном круге легко определяется угол между двумя вертикальными плоскостями, из которых одна содержит интересующую нас звезду, а

другая проходит, например, через звезду с хорошо известным положением и принимается за основную вертикальную плоскость. Этими двумя углами положение звезды на небе вполне может быть определено. Описанный нами инструмент называется **универсальным инструментом**. Существует несколько различных типов инструментов, которые служат для определения положения звезд на небе, но на этом мы не будем останавливаться,

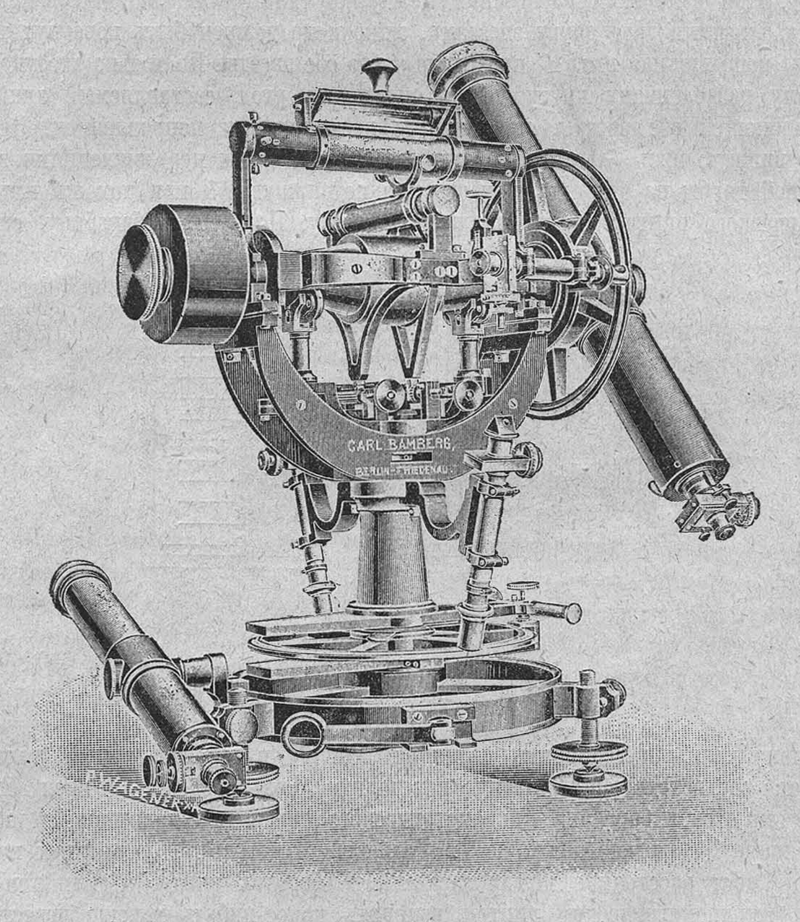


Рис. 3. Универсальный инструмент.

так как это является уже более специальным вопросом. Здесь же важно отметить, что очень часто бывает необходимо определять взаимное расположение двух близких небесных тел, или измерять расстояния между двумя какими-нибудь точками на поверхности данного небесного тела или, наконец, измерять размеры того или другого небесного предмета, или некоторого образования на поверхности небесного тела. Для этой цели к окулярной части трубы привинчивается особый прибор, называемый **микрометром** и в простейшем своем виде состоящий из трех нитей, из которых две f и f'

неподвижны и составляют между собой прямой угол, а третья *bb* может быть передвигаема параллельно нити *f* при помощи особого, так называемого микрометрического винта, снабженного очень тонкой и везде одинаковой нарезкой. Микрометр имеет вращение вокруг оси зрительной трубы, т. е. вокруг линии, соединяющей середину об'ектива с серединой сетки нитей, при чем угол поворота может быть измерен по особому, точно разделенному кругу. При измерении расстояний между двумя точками, например, между двумя близкими друг другу звездами, микрометр должен быть повернут так, чтобы неподвижная нить *f′* проходила через обе звезды. По только что упомянутому разделенному кругу можно определить угол, составляемый линией, соединяющей обе звезды, например, с вертикальным направлением. Затем неподвижную нить *f* устанавливают соответственными передвижениями зрительной трубы на одну из этих звезд, а подвижную *bb* при помощи микрометрического винта наводят на другую звезду. По особому барабану, снаб-

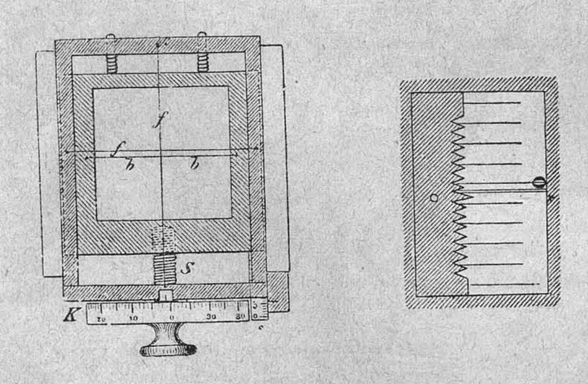


Рис. 4. Микрометр.

женному точными делениями и прикрепленному к головке винта, делают отсчет, соответствующий этому наведению. Раз навсегда должен быть известен отсчет барабана микрометрического винта при наведении подвижной нити *bb* на неподвижную *f*. Разность отсчетов при этих двух наведениях даст расстояние между звездами в оборотах винта. А если тем-же самым микрометрическим винтом измерить какое-нибудь хорошо известное расстояние, то отсюда легко можно вычислить угол, составляемый лучами зрения, идущими от глаза наблюдателя к тем звездам, расстояние между которыми является предметом нашего измерения. Измерения, производимые микрометрическим винтом, представляют большую важность при астрономических исследованиях и дают возможность определять линейные размеры наблюдаемого предмета, если известно расстояние, отделяющее этот предмет от наблюдателя.

При описании картины звездного неба мы уже видели, что звезды, сохраняя неизменно взаимное расположение, тем не менее все вместе перемещаются по небу. Более внимательное изучение этих движений показывает,

что звезды движутся так, как будто весь небесный свод, к которому они кажутся прикрепленными, вращается вокруг некоторой неподвижной оси, наклоненной под известным углом к горизонтальной плоскости. Поэтому всякая звезда или какое-либо другое небесное тело, на которую в данный момент наблюдатель навел телескоп, в скором времени должна выйти из поля зрения трубы. При измерениях же микрометром является чрезвычайно важным, чтобы интересующий наблюдателя предмет более или менее продолжительное время оставался неподвижным в поле зрения трубы. С этой целью осям инструмента, снабженного микрометром, придают такое положение, чтобы первая ось была параллельна той линии, вокруг которой кажется вращающимся весь небесный свод с находящимися на нем звездами. Вторая ось должна составлять прямой угол с первой. В таком случае, если последовательным вращением инструмента вокруг обеих осей мы наведем его трубу на какую-нибудь звезду, то достаточно будет затем вращать инструмент только вокруг первой оси, чтобы зрительная труба постоянно следила за звездой, которая и будет казаться как бы неподвижной в поле зрения трубы. Такое вращение производится при помощи часового механизма, присоединяемого к инструменту. Инструменты с только что описанной установкой обычно носят название экваториалов или рефракторов.

§ 4. Астрофизические приборы.

При изучении различных астрономических явлений большую пользу оказывает применение методов, заимствованных из физики. Чтобы воспользоваться этими методами, необходимо устроить особые инструменты и приборы, которые носят название астрофизических, т. е. дающих возможность применять физические методы к изучению звезд. На первом плане следует поставить применение фотографии к изучению небесных явлений. Выгода фотографического способа наблюдений заключается в том, что на фотографической пластинке может быть воспроизведен сразу значительный участок неба, и затем наблюдатель может спокойно у себя в кабинете изучать и измерять при помощи особых приборов все то, что имеется на фотографической пластинке. Другая выгода фотографического метода представляется, может быть, еще более важной и заключается в возможности производить фотографирование с различными выдержками, иногда весьма значительными, достигающими нескольких часов. Если наблюдатель производит наблюдение, смотря глазом в телескоп, то будет ли он смотреть 10 минут или целый час или еще более, он будет видеть постоянно одно и то же, что может дать данный телескоп сообразно со своей силой и увеличением. Совсем другое имеет место при фотографировании неба, и чем больше будет выдержка, тем больше выйдет подробностей, и тем более слабые небесные предметы появятся на фотографической пластинке. На фотографической пластинке могут выйти такие небесные образования, которые недоступны наблюдениям глазом даже в самые могущественные телескопы. Для фотографирования неба рефрактор снабжается двумя трубами, из которых одна служит для наблюдений глазом,

или для так называемых «визуальных» наблюдений, другая же вместо окуляра имеет кассету, в которую вставляются фотографические пластинки, и служит для фотографирования того или другого небесного предмета, изображение которого в трубе, предназначенной для визуальных наблюдений, должно быть установлено в определенном месте сетки нитей, и кроме того весь инструмент, при помощи часового механизма, должен быть приведен во вращательное движение с тем, чтобы зрительная труба следила за движением небесного свода, и фотографируемый предмет оставался неподвижным в поле зрения трубы в продолжение всей выдержки. Инструмент, предназначенный для фотографирования звезд и вообще небесных тел, называется **астрографом**.

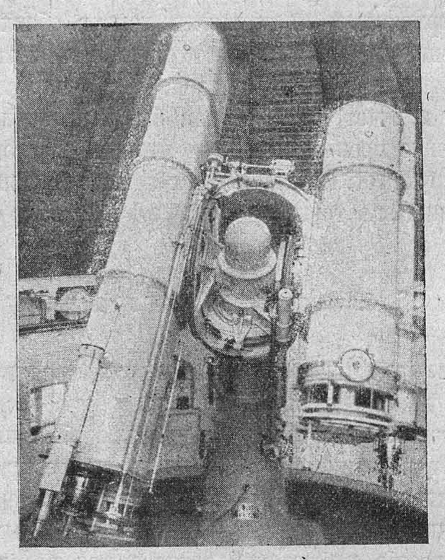


Рис. 5. Астрограф (двойной) Бергедорфской Обсерватории.

Уже первые наблюдения невооруженным глазом обнаруживают существование звезд различной яркости. Весьма важно и интересно производить сравнения яркостей различных звезд между собой; да и вообще астроному постоянно приходится иметь дело с определением яркостей того или другого небесного предмета, того или другого образования на поверхности какого-нибудь небесного тела. Для определения яркости какой-нибудь звезды или для сравнения между собою яркостей двух звезд или двух каких-нибудь наблюдаемых предметов служат особые приборы, называемые **фотометрами**, т. е. измерителями света. Существуют различные типы фотометров, но нет надобности описывать все их, и достаточно дать понятие хотя бы о простейших из них. Весьма удобным для наблюдений является клиновой фотометр. Он основан на том, что при помощи особого клина, сделанного из темного стекла и вдвигаемого в поле зрения трубы на то или другое расстояние, тушатся наблюдаемые звезды. Для того, чтобы затушить более яркую

звезду, клин надо вдвинуть на большее расстояние, чтобы луч от звезды проходил через большую толщу клина; более же слабая звезда тушится и, следовательно, исчезает для глаза наблюдателя при вдвижении клина на меньшее расстояние. Те расстояния, на которые клин вдвигается в одном и другом случае, отсчитываются по особой шкале, и этих данных достаточно для того, чтобы при помощи некоторых вычислений определить, во сколько раз одна звезда ярче другой.

Еще можно указать на часто употребляющийся фотометр Цельнера. В этом фотометре яркость наблюдаемой звезды сравнивается с яркостью искусственной звезды, изображение которой получается рядом с наблюдаемой при помощи особой лампы. Яркость искусственной звезды может быть изменена, на основании законов физики, вращением особого поляризационного приспособления, помещаемого в этом фотометре. Для установления отно-

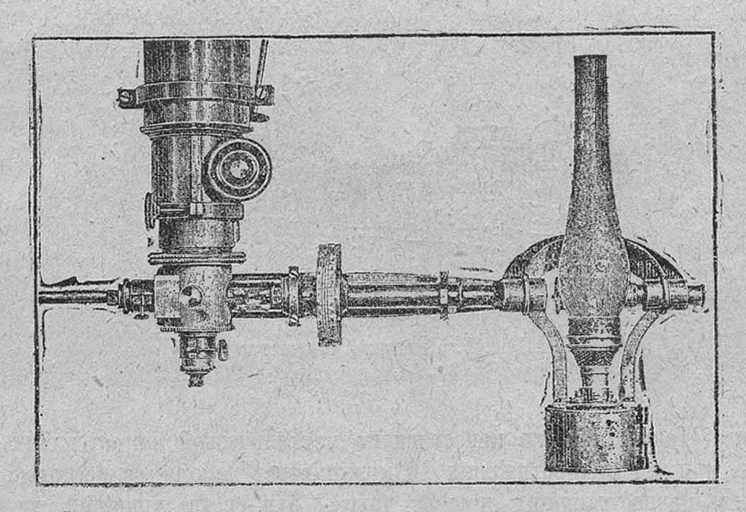


Рис. 6. Фотометр Цельнера, привинченный к окулярному концу телескопа.

шения яркостей каких-нибудь двух интересующих наблюдателя действительных звезд и служит искусственная звезда, яркость которой при помощи вышеуказанного поляризационного приспособления может приводиться к яркостям наблюдаемых звезд.

Есть еще один чрезвычайно могущественный и плодотворный метод изучения небесных светил. Это так называемый спектральный анализ. Если луч света, исходящий от какого-нибудь светящагося предмета, пропустить через стеклянную призму и затем, по выходе из призмы, принять на белый экран, то на этом последнем появится радужная полоска, состоящая из 7 цветовых оттенков: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового. Такая радужная полоска называется с п е к т р о м. Она получается каждый раз при прохождении солнечного луча через какой-нибудь стеклянный предмет со скошенным краем, и в таком виде спектр, вероятно, приходилось наблюдать многим из читателей. Изучение спектров

небесных светил приводит к весьма важным результатам, как это будет изложено в последующем. Поэтому необходимо иметь приборы, при помощи которых можно было бы получать спектр любой звезды, любого небесного тела и вообще какого угодно светящегося предмета. Такого рода приборы называются спектроскопами. Главнейшею частью спектроскопа является стеклянная призма или, обыкновенно, даже несколько призм. Луч, исходящий от источника света, направляется на первую из призм при помощи особой трубы, называемой коллиматором. По выходе из последней призмы, луч принимается на об'ектив зрительной трубы, в которую и рассматривается данный спектр. Несколько призм служат для того, чтобы спектр получался более длинным, и чтобы различные световые оттенки лучше отделялись один от другого. Для получения спектра можно вместо призмы воспользоваться особой решеткой, носящей, по имени изобретателя, название решетки

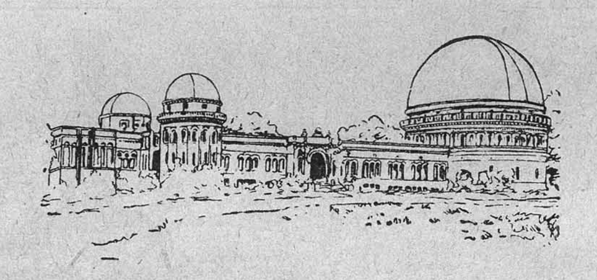


Рис. 7. Ликская Обсерватория.

Роуланда. Такая решетка наносится на металлической или стеклянной пластинке, при чем на протяжении 10 миллиметров нарезается несколько тысяч штрихов, равноотстоящих друг от друга. Луч света, упавший на такую решетку, после отражения от нее дает в зрительной трубе спектр более отчетливый и длинный, чем это получается при пользовании призмой. Для изучения спектров звезд, спектроскоп привинчивается к астрономической трубе. Еще чаще с этою целью пользуются прибором, дающим возможность фотографировать спектр и получающим название спектрографа. В спектрографе луч света, после прохождения через призму, или после отражения от решетки, поступает не в зрительную трубу, а в фотографическую камеру, где спектр и воспроизводится на фотографической пластинке. При фотографировании спектра труба, к которой привинчивается спектрограф вместо окуляра, должна постоянно следить за звездою, спектр которой изучается, для чего весь инструмент приводится в движение при помощи часового механизма, как это было описано уже выше. Луч света, идущий от звезды, прежде чем упасть на призму, при помощи некоторого приспособления отводится также в небольшую зрительную трубку, через которую наблюдатель имеет возможность следить за звездою во время всего фотографирования, с тем чтобы звезда постоянно находилась в одной и той же точке поля зрения трубы.

§ 5. Астрономические обсерватории.

Как уже было выше сказано, специальные астрономические наблюдения производятся в особых учреждениях, называемых астрономическими обсерваториями. Весьма большое число таких обсерваторий имеется в западной Европе и в Америке. В России имеются астрономические обсерватории при каждом университете. Кроме того, в виде отдельных учреждений, имеются астрономические обсерватории в Пулкове и в 20 верстах от Казани (Энгельгардтовская обсерватория). Пулковская обсерватория является первым астрономическим институтом в России и должна быть поставлена на одинаковую высоту с главнейшими заграничными астрономическими обсерваториями, как по важности выполняемых ею задач, так и по точности получаемых результатов. Пулковская Обсерватория была основана в 1839 году на вершине Пулковской горы, лежащей к югу от Петрограда в 13 верстах от Московской заставы на высоте 248 футов над уровнем моря. При основании были построены главное здание обсерватории с тремя башнями наверху и два дома по бокам, для жительства астрономов. Впоследствии было возведено несколько небольших башен для малых инструментов, небольшая южная обсерватория, новая большая башня к югу от главного здания и астрофизическая лаборатория. Пулковская Обсерватория находится в 5 верстах от станции Александровской Варшавской железной дороги и в 8 верстах от Детского Села. Главным фасадом Обсерватория обращена на север, почти перпендикулярно к Московскому шоссе. В ясную погоду виден Петроград: купола церквей и Адмиралтейский шпиль красиво сияют в лучах солнца.

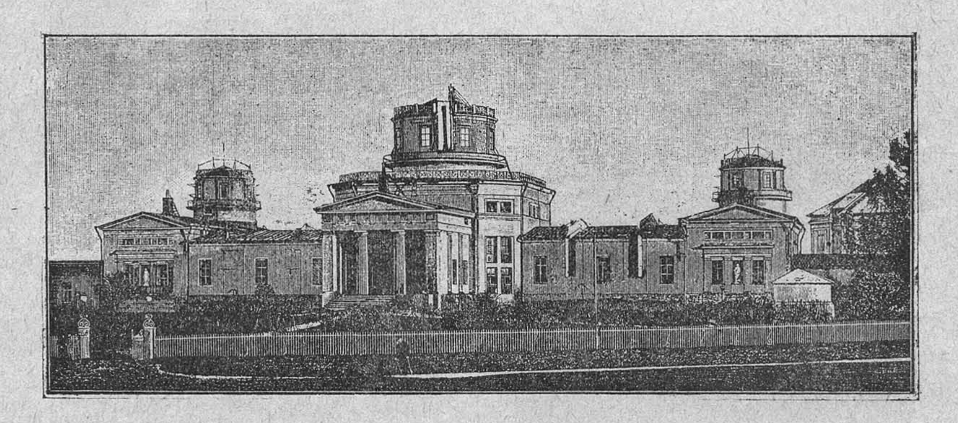
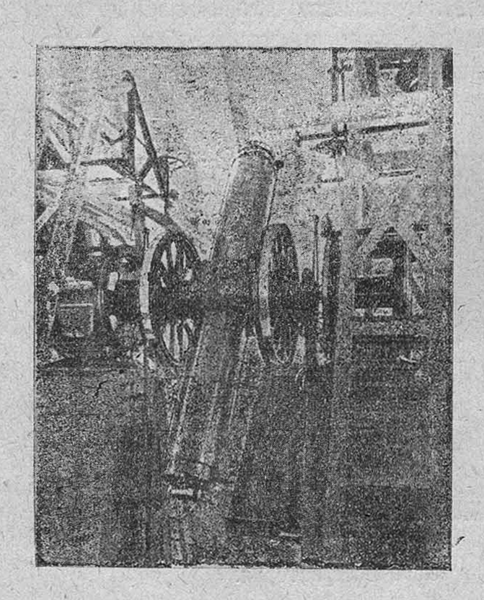


Рис. 8. Общий вид Пулковской Обсерватории.

Прекрасный ход ведет прямо в парадную залу, представляющую вид правильного многоугольника, с восемью массивными пилонами, поддержи-

вающими свод, который служит прочным основанием средней башни. В этой зале по стенам развешены портреты знаменитейших астрономов.

В средней башне главного здания установлен рефрактор с об'ективом в 15 дюймов в поперечнике. Этот инструмент при основании Обсерватории был единственным во всей Европе. Башня, в которой находится рефрактор, оканчивается подвижным деревянным куполом. На крыше и по сторонам купола сделаны люки, открывающиеся веревками. Направив трубу на желаемую точку неба, вращают купол так, чтобы открытое пространство находилось прямо против ее об'ектива.



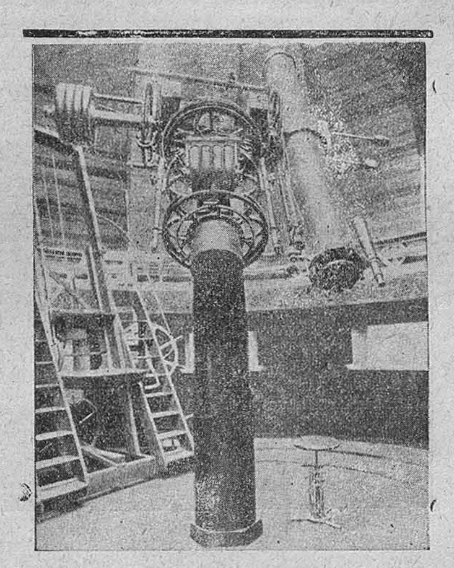


Рис. 9. Меридианный крут (налево) и рефрактор (направо).

В двух крайних башнях на главном здании помещаются астрографы. В деревянных павильонах, расположенных между средней башней и каждой из крайних, установлены три инструмента, служащие для наблюдений звезд в плоскости меридиана с целью точного определения их положений. Они называются пассажным инструментом, вертикальным кругом и меридианным кругом.

С течением времени на различных заграничных обсерваториях устанавливались рефракторы более значительных размеров, чем 15-дюймовый Пулковский рефрактор. Поэтому, наконец, в 1885 г. в Пулкове, к югу от главного здания, в особой башне, был установлен новый большой рефрактор с поперечником об'ектива в 30 дюймов, который и был в то время опять наибольшим астрономическим инструментом в мире. Длина его трубы около семи саженей. Об'ективное стекло этого рефрактора отливалось Фейлем в Париже, а для шлифовки об'ектив был отправлен в Америку

к знаменитому мастеру Альвану Кларку. Об'ектив рефрактора весит с оправою около 11 пудов. Металлические части рефрактора были изготовлены братьями Репсольд в Гамбурге. Сооружение этого инструмента обошлось в 300 тысяч рублей. При помощи 30-дюймового рефрактора на Пулковской Обсерватории изучаются спектры звезд, для чего к окулярной его части привинчен спектограф. В настоящее время несколько рефракторов в Европе и Америке превосходят по своей величине 30-дюймовый Пулковский рефрактор.

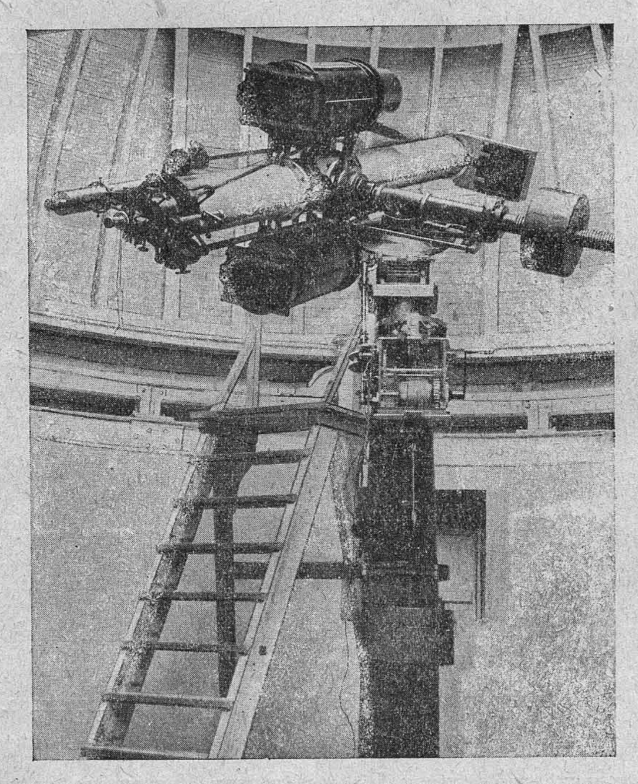


Рис. 10. Астрограф в Симеизе. Две фотографических камеры и ведущая труба.

При Пулковской Обсерватории имеется механическая мастерская, в которой изготовляются астрономические инструменты небольших размеров, не уступающие лучшим в этом роде заграничным произведениям.

Еще необходимо упомянуть о том, что Пулковская Обсерватория передает точное время в Петроград. Это делается следующим образом. В Пулкове, в парадной зале, о которой было сказано выше, помещаются часы, соединенные электрическим током с другими часами, находящимися на Главной Телеграфной станции в Петрограде. Астрономы ежедневно следят за правильным ходом часов, находящихся в Пулкове, поверяя время от времени точность их показаний по наблюдениям над звездами. Часы Главной Теле-

графной станции в Петрограде под влиянием электрического тока идут совершенно также, как Пулковские часы. Таким образом по Пулковским часам живет весь Петроград, и на Главной Телеграфной станции лежит забота о том, чтобы ежедневно пушечным выстрелом из Петропавловской крепости возвещалось жителям города наступление точного момента полудня.

С начала 1921 года точное время передается Пулковской Обсерваторией по всей России по радио при посредстве Петроградской радиостанции «Новая Голландия» и при посредстве Московской Ходынской радиостанции.

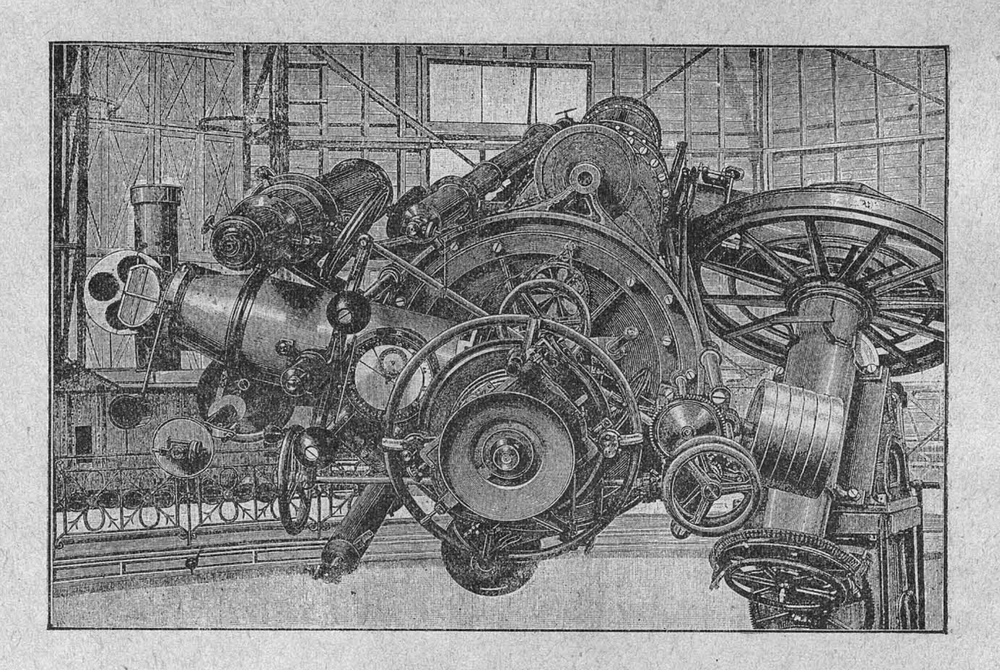
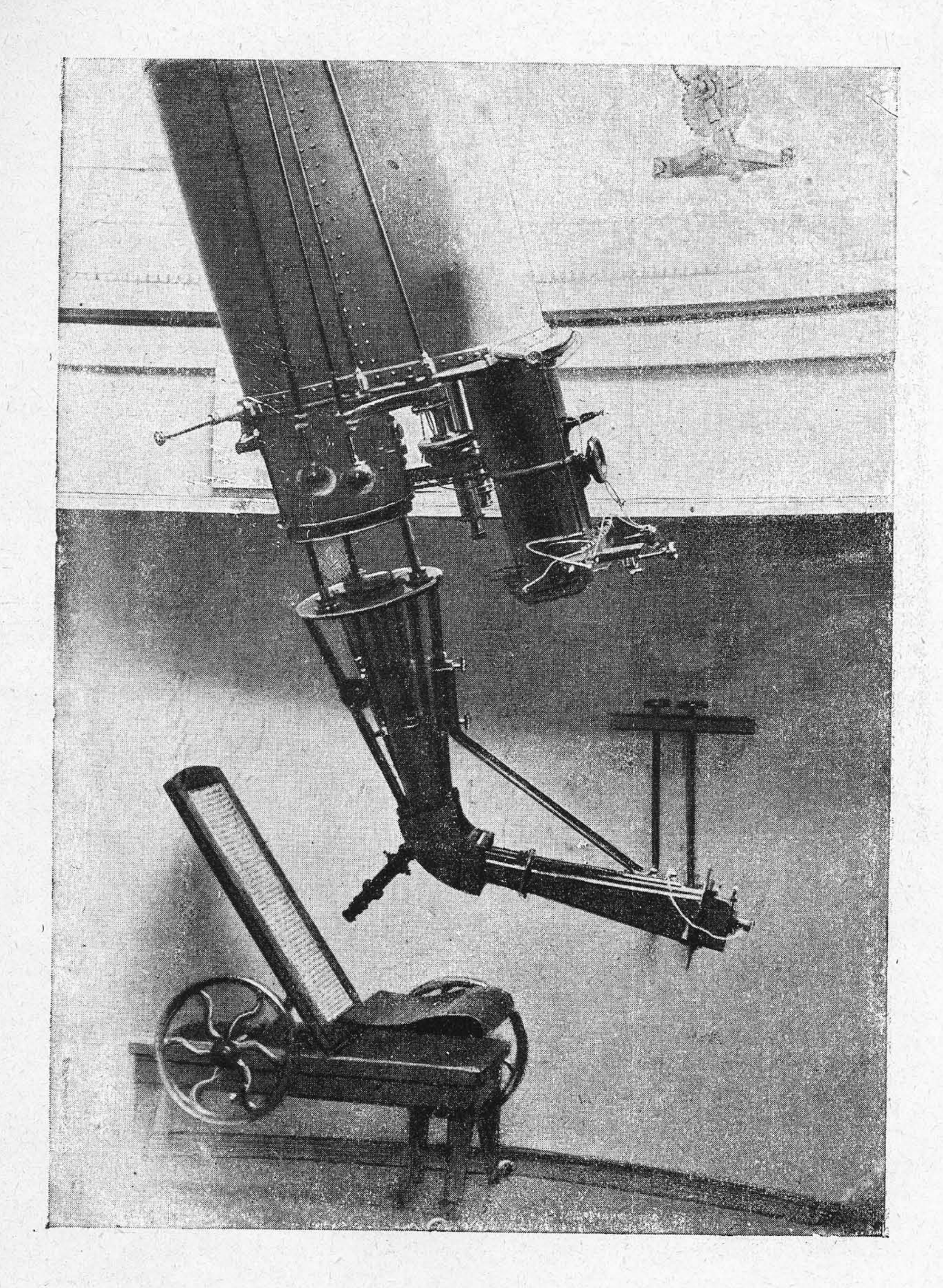


Рис. 11. Окулярный конец большого Пулковского рефрактора.

В виду того, что климат в окрестностях Петрограда не может считаться вполне благоприятным для некоторых астрономических наблюдений и в виду довольно северного положения Пулковской Обсерватории, ею были учреждены два отделения: одно в Николаеве, а другое в Симеизе. Последнее предназначено для работ астрофизического характера. Наблюдения Николаевского Отделения расширяют программу работ Пулковской Обсерватории по определению точных положений звезд.

Описанием одной Пулковской Обсерватории можно ограничиться, так как это дает вполне достаточное представление о том, при каких условиях производятся работы астрономами-специалистами.



Спектрограф на нормальном астрографе в Пулкове.

ГЛАВА II.

Луна.

§ 6. Фазы луны.

Конечно, каждый из читателей не один раз любовался луной, которая иногда так поэтично освещает наши ночи, но более или менее точные сведения об этом небесном светиле имеют, вероятно, далеко не все. С этого небесного тела, бросающегося в глаза каждому, мы и начнем обзор неба.

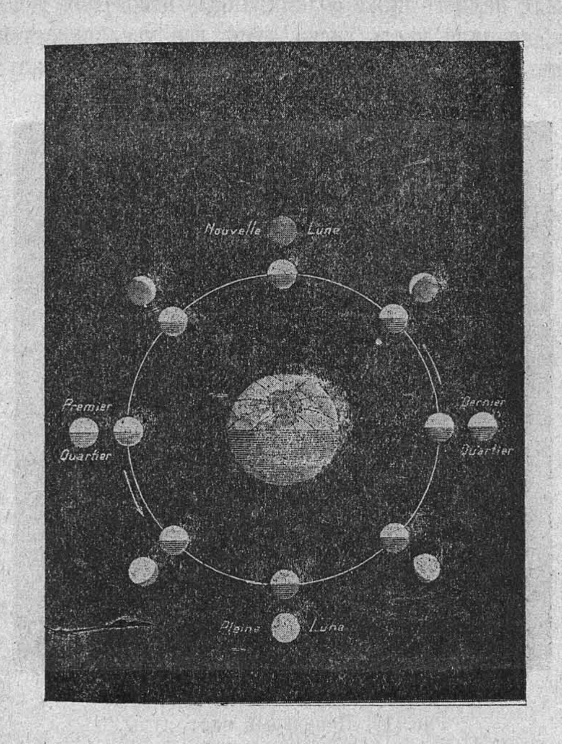


Рис. 12. Фазы луны.

Всякий, кто внимательно будет следить изо дня в день за луною, хотя бы даже невооруженным глазом, может почерпнуть из такого рода наблюдений весьма важные сведения об этом небесном теле. Прежде всего даже самым равнодушным лицам должно броситься в глаза, что мы видим луну на небе то в виде полного круга, то в виде полукруга, то в виде узкого серпа, а иногда мы ее совсем не видим. Эти различные фигуры, в виде которых представляется нам луна в различные дни, называются ф а з а м и л у н ы. Главнейших фаз четыре: полнолуние, когда луна представляется в виде полного круга; первая четверть, когда луна имеет вид правого полукруга; последняя четверть, когда луна имеет вид левого полукруга; и, наконец, новолуние, когда луны совсем не видно. Весьма легко заметить, что фазы луны

находятся в полной зависимости от взаимного расположения солнца и луны. Так, вид серпа луна имеет тогда, когда она находится недалеко от солнца, при чем рога серпа всегда обращены в сторону, противоположную солнцу. Положим, что луна, имеющая вид серпа, находится вправо или к западу от солнца. По мере приближения к солнцу серп луны делается все уже и уже, и наконец, луна совсем исчезает; вскоре после этого она снова появляется в виде серпа, но уже с левой стороны или к востоку от солнца, и затем серп делается все шире и шире. Отсюда очевидно, что луна не бывает видна тогда, когда она проходит, так сказать, перед солнцем, при чем она может находиться немного выше или немного ниже солнца. После новолуния, когда луна совсем не была видна, видимая часть диска луны все увеличивается, и приблизительно через семь с половиною дней мы видим уже всю правую половину ее

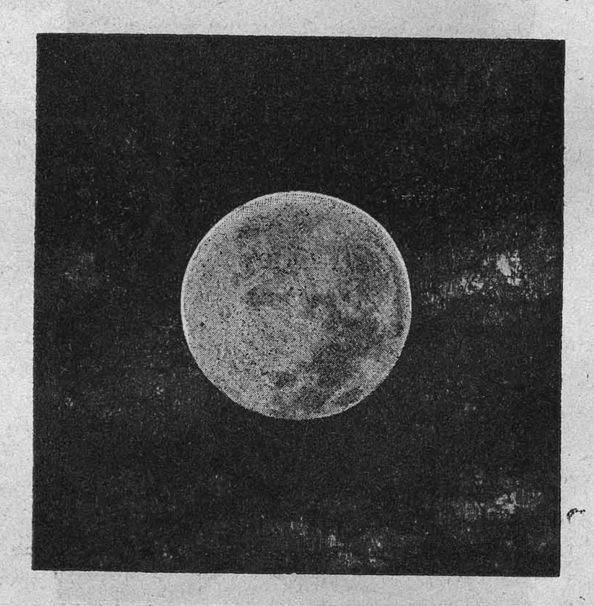


Рис. 13. Пепельный свет луны.

диска. Такое положение, как мы уже сказали, называется первою четвертью. В это время луна восходит и заходит через 6 часов после восхода и захода солнца и, следовательно, освещает только начало ночи. Еще приблизительно через 7 с половиною дней луна принимает вид полного круга. В это время она находится на небе далеко от солнца, именно в полночь, когда солнце находится ниже всего под горизонтом, луна занимает наивысшее положение на небе. Следовательно, во время полнолуния земля находится между солнцем и луной. Во время полнолуния луна восходит в момент захода солнца и заходит в момент его восхода и видна в течение всей ночи. После полнолуния освещенная часть диска луны начинает убывать и находится теперь с левой стороны. Через 7 с половиной дней мы будем видеть только половину ее освещенного полушария, и, следовательно, луна представляется нам в последней четверти. В это время она восходит за 6 часов до восхода солнца,

т. е. среди ночи, и следовательно ее можно видеть утром. При дальнейшем движении луны ее освященная часть все более и более уменьшается, наконец, луна становится видна в виде очень узкого серпа, обращенного выпуклой стороной к солнцу, и приблизительно через 7 с половиною дней после последней четверти она совсем исчезает, и таким образом снова наступает новолуние.

Наблюдение над фазами луны убеждает нас в том, что луна имеет круглую, шарообразную форму, и что она есть тело темное, не обладающее собственным светом, а лишь отражающее падающий на нее солнечный свет. Только при этих условиях во время полнолуния она будет представляться в виде яркого полного круга, во время новолуния должна совершенно исчезать для наших глаз, а во время первой и последней четверти, когда солнце освещает лишь половину обращенной к земле части лунной поверхности, будет иметь вид полукруга.

Говоря о лунных фазах, необходимо отметить наблюдаемое иногда весьма интересное явление, известное под названием пепельного света луны. Это явление состоит в том, что, когда луна представляется нам в виде узкого освещенного серпа, можно при благоприятных условиях различить и остальную часть ее диска, светящуюся весьма слабым светом. Этот пепельный свет тем слабее, чем больше освещенная часть лунного диска. Причина этого явления заключается в освещении луны землей, которая в это время с луны должна была бы усматриваться в виде полного светлого диска.

§ 7. Поступательное и вращательное движения луны.

Следя изо дня в день за луной невооруженным глазом, весьма легко можно заметить, что луна перемещается среди звезд, и что она снова к той же самой звезде возвращается приблизительно через 27 дней. Этот период называется звездным или сидерическим месяцем. В этом перемещении луны среди звезд отражается ее движение вокруг земли, спутником которой она является. Движение луны вокруг земли может быть обнаружено также на основании правильного чередования лунных фаз. Однако промежуток времени между двумя следующими друг за другом одинаковыми фазами, например, между двумя полнолуниями, равен 29 с половиною дням. Этот последний период называется синодическим месяцем. Синодический месяц несколько больше сидерического, и это об'ясняется тем, что солнце, освещением которого обусловливаются фазы луны, само перемещается среди звезд.

Наконец, еще один весьма важный факт можно извлечь из наблюдений луны невооруженным глазом. На поверхности луны мы замечаем большие темные пятна, которые народ нередко принимает то за очертания глаз, рта и носа, то за картину убийства Авеля Каином. Что такое представляют собой эти пятна, об этом мы будем говорить потом. Теперь же укажем на то, что какое бы положение луна ни занимала на небе, какую бы фазу она ни имела, мы всегда видим на ее поверхности одни и те же пятна, имея в виду, конечно, те из них, которые находятся в данный момент на освещенной части

ее поверхности. Отсюда мы заключаем, что шарообразная луна всегда обращена к земле одной своей половиной. Что же это означает? При каких условиях это может быть? Для большей наглядности обратимся к следующему примеру. Положим, что мы имеем две медали, одну большую и одну малую с изображением одного и того же лица на каждой из них. Допустим, что малая медаль движется вокруг большой, но что она при этом не вращается вокруг своей оси, перпендикулярной к плоскости, в которой движется ее центр. В таком случае, если в исходном своем положении малая медаль была обращена к большой своим ребром, то через четверть оборота она будет обращена той своею поверхностью, на которой изображено лицо, через пол-оборота опять ребром но с другой стороны, через ¾ оборота той поверхностью, на которой никакого изображения нет и, наконец, по истечении полного оборота придет в свое первоначальное положение. Такого случая для луны, как это мы видели из наблюдений, не может быть, так как на поверхности луны мы всегда видим одни и те же очертания. Очевидно, что полный оборот вокруг оси луна должна совершать в такой же промежуток времени, как и полный оборот вокруг земли, если движение луны вокруг земли происходит по окружности круга равномерно, и вращение вокруг оси происходит также с постоянною скоростью. Это так-же легко может быть проверено на примере наших двух медалей. При таких условиях, действительно, если в исходном своем положении малая медаль была обращена к большой своим ребром, то через четверть оборота она опять будет обращена к большой медали тем же самым ребром. Тоже самое будет наблюдаться и через пол-оборота и вообще постоянно при движении малой медали вокруг большой. Однако, все сказанное для луны верно лишь приблизительно. В действительности, если какое-нибудь пятно на поверхности луны мы один раз наблюдали недалеко от лунного края, то другой раз мы можем видеть его на самом краю. Таким образом более тщательное наблюдение луны в телескоп, сопровождаемое соответственными измерениями, показывает, что луна, вращаясь вокруг оси, еще как будто колеблется около этой оси то немного вправо, то немного влево. Именно такими колебаниями можно было бы об'яснить то обстоятельство, что одно и то же пятно мы иногда видим совсем на краю, а иногда в некотором, хотя и в небольшом, расстоянии от края. Это колебание называется «либрацией» луны. Чем же об'яснить эти колебания? Они вполне об'ясняются движением луны вокруг земли не по окружности круга, а по вытянутой кривой, с неодинаковой скоростью в различных ее точках, между тем как вращение вокруг оси происходит равномерно с постоянною скоростью.

В самом деле нетрудно понять, что, если луна повернется вокруг оси на четверть оборота, а вокруг земли пройдет, вследствие неравномерной скорости движения, в тот же самый промежуток времени, например, более четверти своего пути, то на линии, соединяющей центры луны и земли, уже придется другая точка, а не та, которая оставалась бы на этой линии во все время движения в случае, еслибы и движение луны вокруг земли происходило равномерно. Подобные же перемещения очертаний должны наблюдаться и около краев лунного диска.

Кроме этих колебаний луны вокруг оси существуют еще некоторые

другие небольшие колебания, о которых мы не будем говорить подробно. Укажем только, что вследствие этих колебаний мы в северной и южной частях лунного диска усматриваем иногда те или другие пятна то ближе к краю, то дальше от него.

Вследствие всех этих колебаний некоторые подробности, находящиеся на той части лунной поверхности, которая обращена к земле, иногда переходят на ту часть, которая для нас невидима. Но зато и наоборот, с той части лунной поверхности, которая обращена в сторону противоположную земле, иногда некоторые подробности переходят на ту часть, которая обращена к нам, и потому делаются видимыми для нас. Таким образом, в общем, мы можем изучить более, чем половину лунной поверхности.

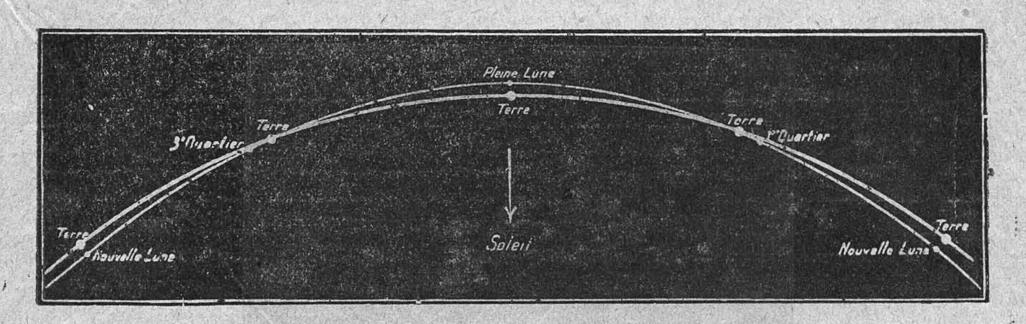


Рис. 14. Движение луны.

Итак, наблюдения невооруженным глазом приводят нас к заключению, что луна есть тело темное, имеющее шарообразную форму и обращенное к земле всегда только одной своей половиной, и что она совершает движение вокруг земли, являясь таким образом спутником земли, и употребляя на полный оборот приблизительно около месяца. Так как с другой стороны земля совершает движение вокруг солнца, делая полный оборот в год, то следовательно луна, двигаясь вокруг земли, вместе с этой последней двигается вокруг солнца. Это сложное движение луны происходит по волнообразной кривой, изображенной на рисунке 16.

§ 8. Расстояние луны от земли, величина луны и ее вес.

Итак, мы знаем, что луна есть спутник земли. Каковы же размеры этого спутника? Как велик его поперечник? Как далеко отстоит этот спутник от земли? Вот вопросы, которые интересно было бы разрешить.

Определение расстояний от земли до небесных тел есть весьма трудная задача астрономии, и эту задачу астроном решает примерно таким же образом, как землемер решает задачу об определении расстояния до недоступного предмета. Именно для определения расстояния от земли до луны

два наблюдателя располагаются приблизительно на одном меридиане и по возможности дальше друг от друга, один в северном полушарии, а другой в южном, например, один около Берлина, а другой на мысе Доброй Надежды. Оба они измеряют положение луны на небе одновременно, именно тогда, когда она занимает наивысшую точку над горизонтом. Положение пунктов на земном шаре, где находятся наблюдатели, должно быть хорошо известно. Тогда из такого рода наблюдений может быть определено расстояние от земли до луны. Это легко понять из прилагаемого при сем рисунка, на котором линии OB и OC и угол между ними должны быть известны, так как даны положения точек B и C на поверхности земли, изображенной на этом рисунке окружностью круга, представляющей собою общий меридиан пунктов B и C.

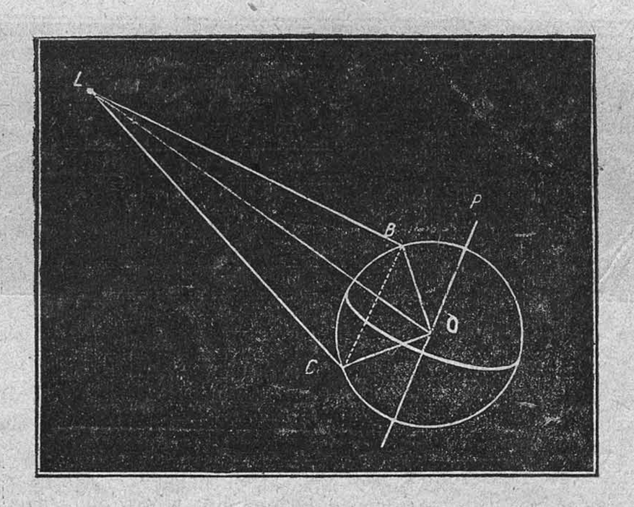


Рис. 15. Определение параллакса луны.

Направления CL и BL получаются из наблюдений над луной L и определяются углами соответственно между линиями OB и BL, OC и CL, причем эти углы измеряются помощью астрономических инструментов. В уменьшенном масштабе мы можем построить четырехугольник $OBLC$, в котором легко можем измерить линию OL, представляющую собой расстояние, отделяющее луну от земли. В действительности определение этого расстояния требует гораздо более сложных соображений и вычислений, но изложенного совершенно достаточно для того, чтобы составить себе общее понятие, как решается астрономами эта задача. Из такого рода измерений оказалось, что расстояние луны от земли в среднем равняется приблизительно 385.000 километров.

Если же мы знаем расстояние луны от земли, то нетрудно определить и поперечник нашего спутника. Допустим, что мы наблюдаем луну в зрительную трубу, и что в этой трубе натянуты две нити так, что диск луны

как раз помещается между этими двумя нитями. Поместим теперь на расстоянии километра от нас в горизонтальном положении разделенную довольно длинную линейку. В таком случае мы убедились бы, что между нашими нитями помещается часть линейки равная приблизительно девяти метрам. Поместим теперь ту-же линейку на расстоянии двух километров от нас. Тогда между нитями поместится часть линейки длиною около 18 метров. Значит на расстоянии 385.000 километров от нас между теми же нитями поместится длина, равная 9 × 385.000 метров или около 3465 километров. Это и есть приблизительная величина лунного поперечника. Более точная цифра будет 3480 километров, причем оказывается, что поперечник луны приблизительно в 3½ раза меньше поперечника земли.

Зная размеры луны, было бы весьма интересно также знать, какой она имеет вес, или по крайней мере, во сколько раз луна тяжелее или легче земли. Эта задача очень трудная и может быть решена лишь на основании весьма тщательного изучения общего движения луны и земли в пространстве.

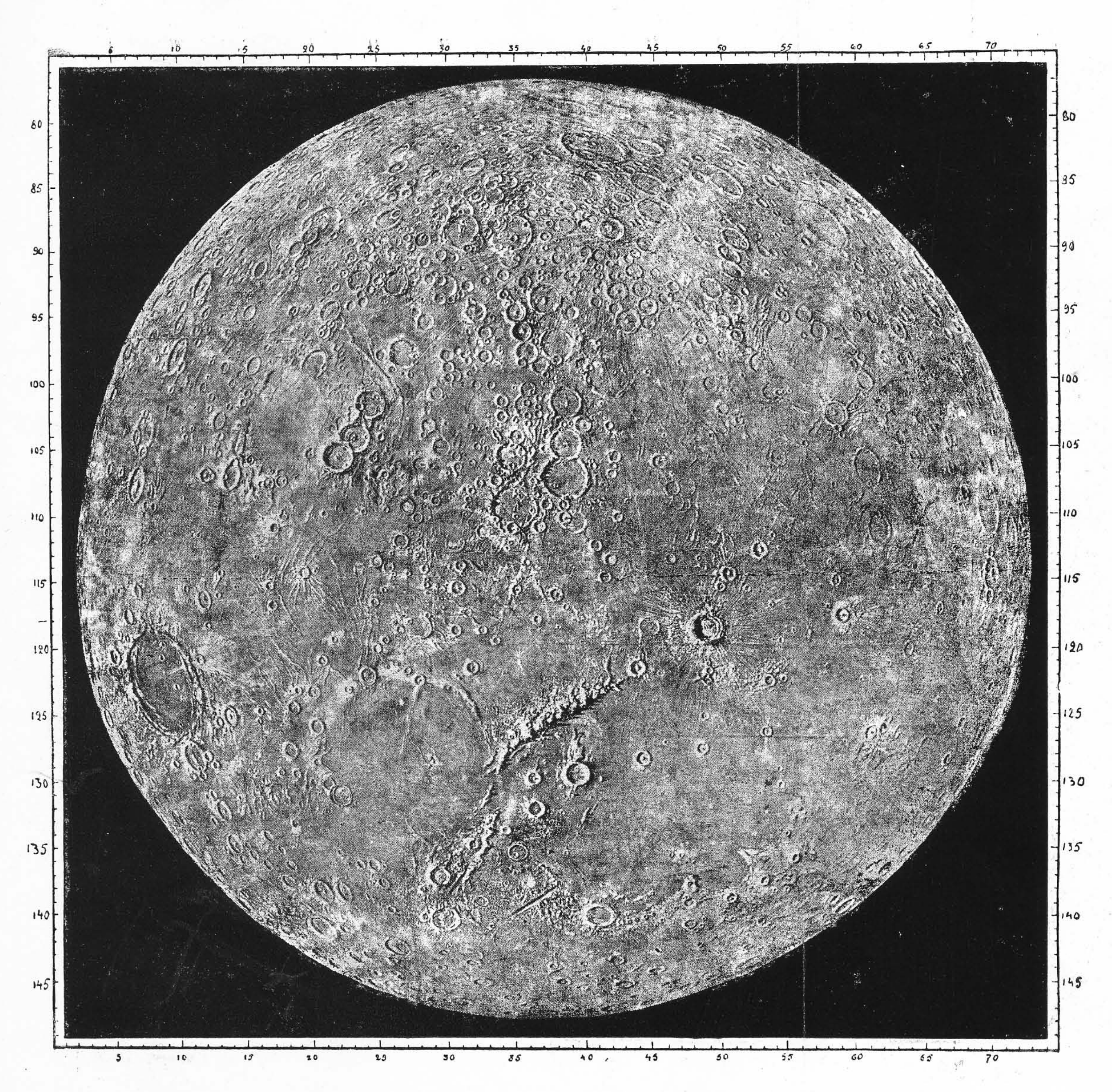
Сущность решения этой задачи может быть пояснена следующим примером. Положим, мы имеем палку, на концах которой прикреплены металлические шары, один весом в один фунт, другой в 2 фунта. Бросим эту палку. Тогда оба шара, помимо своего движения вверх, еще будут вращаться около некоторой точки, лежащей на палке ближе к тяжелому шару, чем к легкому; именно расстояние этой точки от тяжелого шара будет в два раза меньше, чем ее расстояние от легкого шара. Если бы тяжелый шар весил 4 фунта, то расстояние этой точки от тяжелого шара было бы в 4 раза меньше, чем расстояние от легкого и т. д. Обратно, если нам неизвестно, сколько весят шары, но известно, что точка, вокруг которой они вращаются при своем движении в воздухе, находится к тяжелому шару, например, в 8 раз ближе, чем к легкому, то мы можем сказать, что первый шар в 8 раз тяжелее второго и т. д. Нечто подобное наблюдается и в движении небесных тел. Земля и луна вместе, как мы видели, двигаются вокруг солнца. В действительности это движение происходит так. Как земля, так и луна обращаются вокруг некоторой точки, подобной той, вокруг которой в предыдущем примере вращались шары; а эта точка движется вокруг солнца. Тщательно исследуя сложное движение луны и земли, астрономы убедились, что эта точка отстоит, в круглых числах, от центра земли на 4700 километров, а от центра луны на 380.300 километров. Отсюда мы находим, что луна легче земли в 380.300 : 4700 раз, т. е. в 81 раз.

§ 9. Состав лунной поверхности.

Интересно было бы далее узнать, какие вещества входят в состав поверхности нашего спутника. Прямых исследований в этом отношении сделать нельзя вследствие отдаленности луны от нас. Но косвенным путем можно получить некоторое решение и этой задачи. Прежде всего в этом отношении было бы важно определить так называемую плотность луны. Что же называется плотностью какого-либа тела? Представим себе, что мы имеем

два совершенно одинаковых шара, из которых один сделан из воды, а другой из чугуна. Положим, что водяной шар весит один килограмм; тогда чугунный шар будет весить 7 килограммов. Значит чугунный шар весит в 7 раз больше, чем совершенно такой же водяной шар. Это число 7 и называется плотностью чугуна относительно воды. Значит, чтобы определить плотность луны относительно воды, надо точно вычислить, какой вес будет иметь водяной шар таких же размеров, как луна. Такой шар воды мы, конечно, не можем взвесить непосредственно. Но мы можем взвесить какое-нибудь другое, гораздо меньшее, но все же достаточно большое количество воды; а потом уже можем расчитать, сколько весил бы водяной шар, по размерам равный нашему спутнику. Оказывается, что шар, представляющий луну, весит приблизительно в 3 с половиной раза больше, чем такой же шар воды. Число 3½ и есть плотность луны по отношению к воде. Ученые нашли, что плотность земного шара относительно воды есть приблизительно 5½. Правда, горные породы, которые мы встречаем на поверхности земли, имеют меньшую плотность, и потому мы должны допустить, что внутри земного шара находятся вещества более плотные. Точно также и внутри луны, вероятно, находятся вещества более плотные, чем на ее поверхности. Но в общем, сравнивая плотность луны с плотностью земли, мы можем сказать, что луна состоит из более легкого материала, чем земля, и вместе с тем, если мы предположим, что в состав поверхностных слоев луны входят такие же породы, которые мы встречаем на поверхности земли, то такое предположение не будет противоречить найденной нами плотности луны. Подтверждение того, что луна состоит в общем из таких же пород, как и земля, мы можем найти еще в другом свойстве луны, именно в так называемой отражательной ее способности. Отражательной способностью какого-нибудь тела называется его способность отражать в большей или меньшей степени падающий на него свет. Луна, как мы уже знаем, есть тело темное, отражающее лишь падающий на нее солнечный свет. Но она, конечно, отражает не весь падающий на нее свет; иначе она блестела бы гораздо ярче, чем теперь. Кроме того темные пятна, которые мы видим на луне, очевидно, отражают солнечный свет в меньшей степени, чем окружающие их яркие места лунной поверхности. В среднем же в хорошую лунную ночь во время полнолуния яркость луны все же настолько велика, что на первый взгляд ее отражательная способность может показаться равной отражательной способности чистого снега или кучевых летних облаков. Всем известно, что в солнечный день больно смотреть на чистый снег, освещенный солнцем. Однако, в полнолуние луна представляется столь яркой отчасти вследствие того, что ее окружают более темный фон неба. И та же самая полная луна днем уже не слепит нам глаза, и более точные исследования показывают, что ее отражательная способность вполне сравнима с отражательной способностью наших горных пород, напр., с отражательною способностью песчаника, так что из этого материала можно было бы сделать искусственную луну, которая на солнечном свете блестела бы так же, как настоящая луна. Таким образом предположение, что луна состоит приблизительно из тех же веществ, как и земля, не противоречит также и отражательной способности нашего спутника.

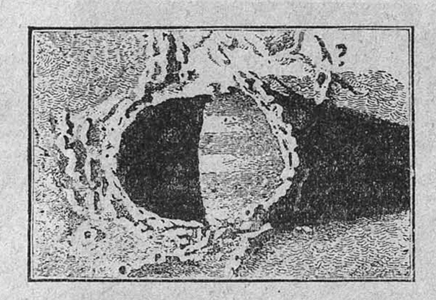
Таблица III.



Карта Луны с лепного полушария Насмита и Карпентера.

§ 10. Рельеф лунной поверхности.

До сих пор мы рассматривали луну главным образом как спутника нашей земли. Но ведь луна вместе с тем есть вообще одно из небесных тел, и ею можно интересоваться независимо от ее отношения к земле. Так, напр., весьма интересной задачей является изучение ее поверхности. В этом отно-



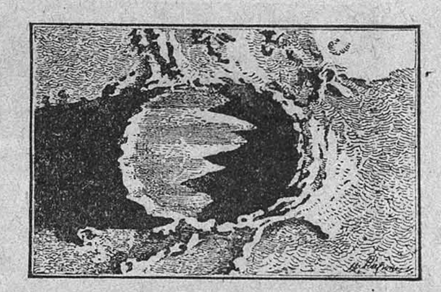


Рис. 16. Кратер Платон до восхода и после захода солнца.

шении луна представляет довольно большие отличия от земли. Мы хорошо знаем, что поверхность земного шара состоит из суши и океана. Ничего подобного нет на луне. Все пятна, которые древними астрономами были названы морями и которые мы до сих пор называем этим именем, не имеют

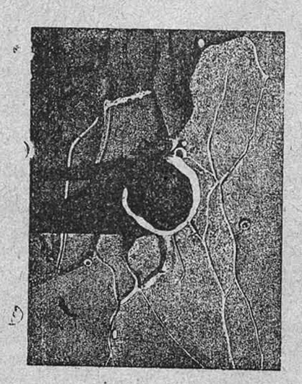


Рис. 17. Кратер Триснеккер с трещинами.

ничего общего с нашими морями. Древние астрономы, правда, так и полагали, что это суть огромные водовместилища. Но теперь, как будет показано дальше, совершенно определенно известно, что на луне не может быть воды, и потому темные пятна на поверхности луны не могут быть водными бассейнами. Они представляются нам более темными, чем окружающая их поверхность только потому, что состоят так сказать из других пород, обладающих меньшей отражательной способностью. Эти пятна скорее следует считать за большие равнины. Наибольшие из таких пятен легко различаются невооруженным глазом.

Для более подробного изучения лунной поверхности необходимо прибегнуть к помощи телескопа, который открывает нам на луне много интересных образований. Прежде всего бросается в глаза большое число кольцеобразных гор, своим видом напоминающих наши кратеры. Эти образования так и называются лунными кратерами, и во всяком случае предположение,

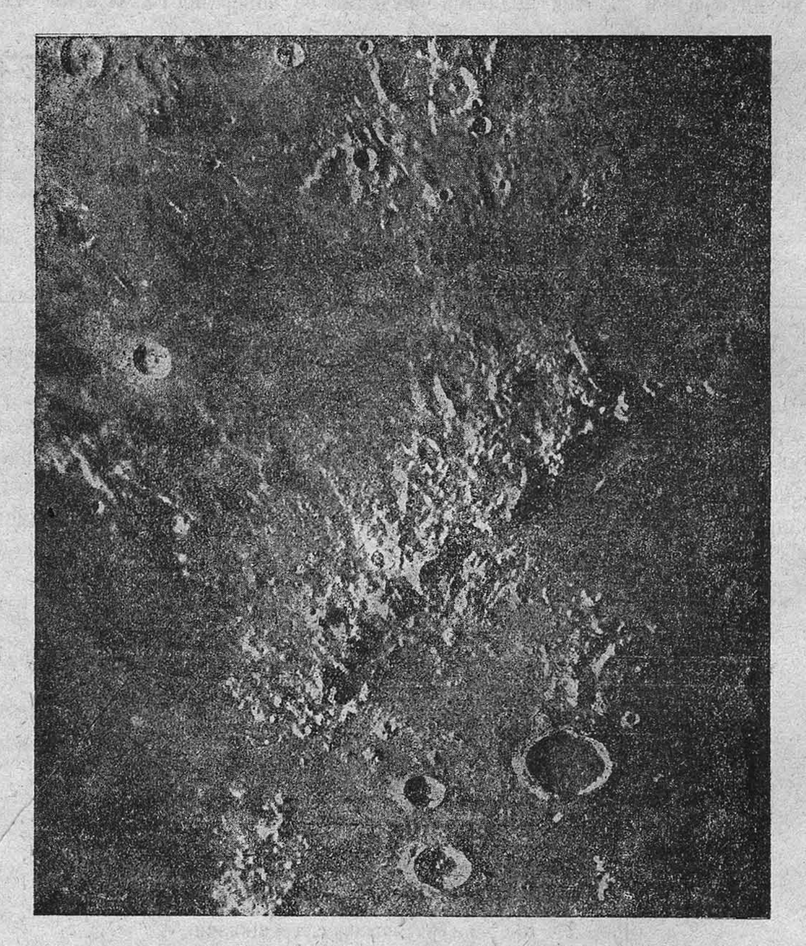


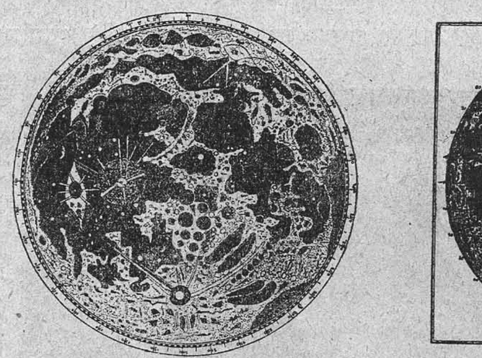
Рис. 18. Горная цепь Апеннины.

что в прежние времена на луне была вулканическая деятельность, не может быть опровергнуто. Дно таких кратеров, как показывают наблюдения, обыкновенно находится ниже поверхности, окружающей кольцеобразный вал кратера. Особенно красивую картину кратеры представляют вблизи терминатора или линии, отделяющей освещенную часть луны от неосвещенной, где их между прочим бывает видно особенно много, что об'ясняется благоприятными условиями освещения. Со дна кратера нередко поднимается отдельная вершина.

Далее весьма интересными образованиями лунной поверхности являются горные цепи, по своему виду вполне сходные с горными цепями поверхности земли. Эти цепи тянутся иногда на весьма большое пространство.

На рис. 18 представлена горная цепь, носящая название Апеннин; недалеко от этой горной цепи находится кратер Архимед.

Телескоп открывает нам еще другие не менее интересные образования лунной поверхности. Во многих местах луны можно заметить яркие полосы, яркие лучи, расходящиеся во все стороны от какого-либо значительного кратера. Эти лучи часто тянутся через равнины и небольшие возвышенности на несколько сот километров. Лучше всего можно их наблюдать во время полнолуния. Особенно характерным в этом отношении является кратер Тихо-Браге, вокруг которого насчитывается до ста таких лучей. Эти полосы, как



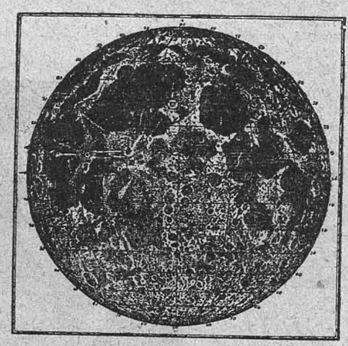


Рис. 19. Карты луны: Гевелия (налево) и Т. Майера (направо).

показывает внимательное их изучение, не представляют собою возвышенностей, а скорее являются следствием прежней вулканической деятельности луны.

Наконец, наиболее трудно наблюдаемые образования лунной поверхности это суть так называемые борозды, которые иногда тоже тянутся на весьма значительную длину. Эти борозды, по всей вероятности, представляют трещины лунной поверхности.

Зная поперечник или, как его иначе называют, диаметр луны, можно при помощи сравнения с этим диаметром определить так же размеры различных лунных образований, напр., поперечника какого-нибудь кратера или длину и ширину какого-нибудь темного пятна. Так, поперечник кратера Архимед оказывается равным приблизительно 80 километрам. Поперечник другого кратера Коперник достигает 90 километров. Таким образом лунные кратеры своими размерами превосходят наши земные кратеры. Размеры морей или вернее темных пятен на поверхности луны также весьма огромны. Так, длина весьма красивого «Моря Опасностей» равняется приблизительно 300 километрам. Интересно, что это море, как и вообще многие другие моря, окружено весьма большим числом кратеров;

несколько кратеров видны также на самой поверхности этого темного пятна. Изучение отдельных ландшафтов лунной поверхности приводит наблюдателя к заключению о суровости лунной природы. Напомним еще раз, что дно лунного кратера почти всегда находится ниже поверхности, окружащей кратер. Самый кратер всегда охватывается кольцеобразным валом. Со дна кратера нередко возвышается отдельная вершина, а иногда и несколько вершин. Весьма часто в недалеком расстоянии от большого кратера или даже на самом валу его находится несколько кратеров меньших размеров. Поперечник лунного кратера всегда бывает значительно больше глубины кратера, именно от 5 до 50 раз и даже более. Так, диаметр кратера Архимед равен, как мы говорили, 80 километрам, глубина же его лишь немного более 3 километров.

Интересно также было бы измерить высоту лунных гор. В некоторых случаях это оказывается возможным. Именно иногда, когда луна бывает неполная, можно наблюдать блестящие точки на неосвещенной части луны,

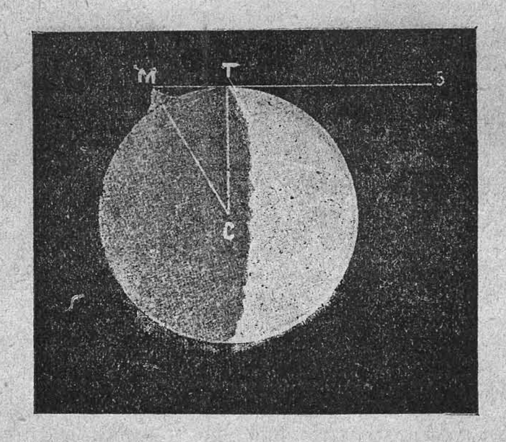


Рис. 20. Определение высоты лунных гор.

недалеко от линии, разделяющей эту часть от освещенной. Это суть не что иное, как вершины лунных гор, освещенные солнцем. Если измерить расстояние такой блестящей точки от линии, разделяющей освещенную часть от неосвещенной, то получается возможность определить высоту той горы, которой принадлежит упомянутая выше освещенная солнцем вершина. В самом деле измерения дают нам расстояние MT; кроме того, линия TC известна, как полупоперечник или радиус луны, и эти два направления MT и TC составляют между собою прямой угол. Поэтому мы можем построить в уменьшенном масштабе треугольник MTC, и в нем можем измерить сторону MC, равную сумме лунного радиуса и высоты горы. Таким образом измерены высоты многих лунных гор. Вот некоторые из этих высот:

Курциус . . .	8,8	километров
Ньютон . . .	6,9	»
Тихо	6,1	»

Имея в виду, что поперечник луны значительно меньше поперечника земли, эти высоты надо признать огромными.

§ 11. Отсутствие атмосферы на луне.

Теперь обратимся к вопросу о лунной атмосфере, о лунном воздухе. Как узнать, существует ли у луны атмосфера или нет? Для этого можно воспользоваться различными способами. Если внимательно присмотреться к

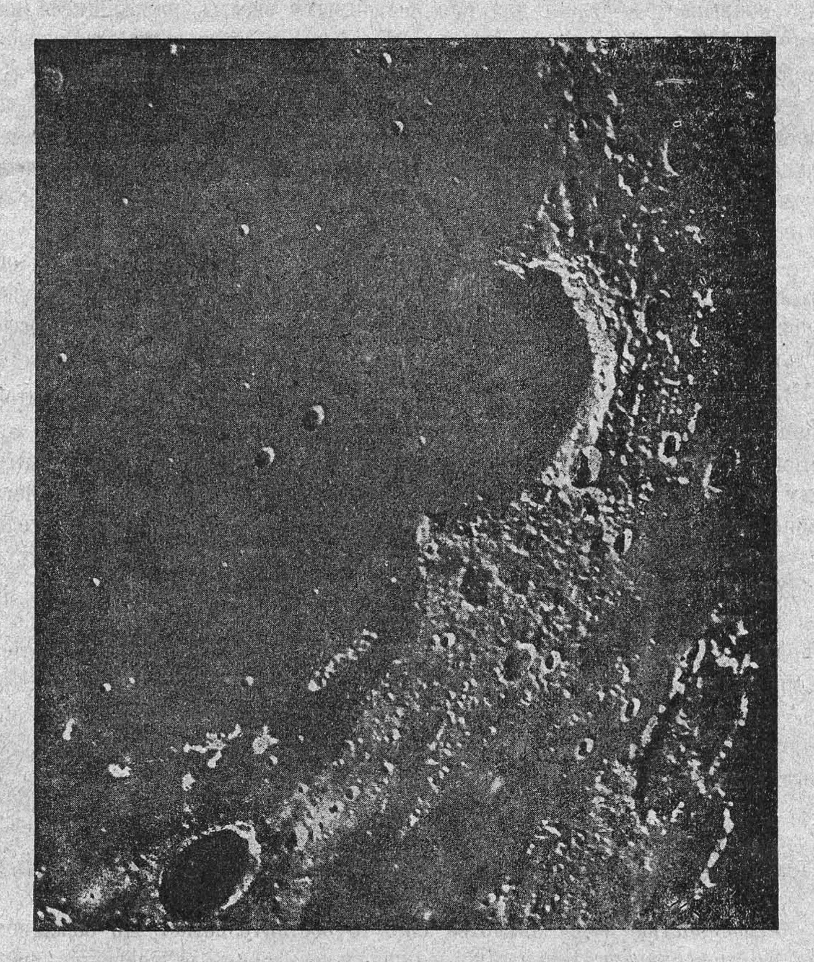


Рис. 21. Море Дождей на луне.

такому ландшафту луны, на котором находится какая-нибудь горная цепь, напр., Апеннины, то мы заметим, что все горы отбрасывают тень, как это и должно быть при освещении солнцем. Мы знаем, что и на земле предметы, освещенные солнцем, также отбрасывают тень. Но на земле эта тень никогда не бывает черезчур резкой, черезчур темной, и это об'ясняется тем, что пыль и водяные пары, носящиеся в нашем воздухе, отражают солнечные лучи по всем направлениям. Таким образом эти лучи отчасти попадают и туда, где

лежит тень от предметов, отчего эта тень и не может быть резкой. На луне же мы видим совершенно другое явление. Тени там необыкновенно черны, и это может быть или при полном отсутствии атмосферы на луне, или в случае чрезвычайной разреженности этой атмосферы.

Против существования атмосферы на луне говорит еще и другое нередко наблюдаемое явление. При своем движении среди звезд луна весьма часто покрывает и делает для нас невидимыми звезды, находящиеся на ее пути. Если бы существовала лунная атмосфера, то звезда скрывалась бы за луной или выходила бы из-за луны не сразу, но в первом случае ее блеск постепенно уменьшался бы до полного, наконец, исчезновения звезды, а во втором он постепенно увеличивался бы, пока звезда не достигла бы своей обычной яркости. Ничего подобного в действительности мы не наблюдаем: звезда и исчезает, и появляется мгновенно. Значит атмосферы на луне нет, или если и есть, то весьма разреженная.

Наконец, и то обстоятельство, что на луне мы никогда не видим облаков, и различные подробности лунной поверхности представляются нам в телескоп всегда одинаково отчетливыми, указывает на отсутствие атмосферы на луне.

Из предыдущего изложения ясно видно, что луна, имея в некоторых отношениях сходство с землей, в других весьма значительно от нее отличается. Самое главное отличие это отсутствие атмосферы на луне. Благодаря этому на луне не может быть ветров, никогда не бывает облаков, снега и вообще всего, что находится в зависимости от атмосферы. Следовательно, на луне не может быть также речи о погоде, обусловливаемой именно существованием атмосферы. Вследствие той же причины на луне не может быть воды и вообще какой-нибудь другой жидкости, ибо она тотчас бы стала испаряться и дала бы начало газообразной оболочке или атмосфере, которой, как мы видели, на луне нет. А раз нет на луне воздуха и воды, то не может быть там и растительности и вообще такой органической жизни, какую мы наблюдаем у нас на земле. С нашей точки зрения, луна есть мертвое тело, представляющее совершенно бесплодную пустыню.

§ 12. Возможные изменения на поверхности луны.

Особенностью луны является еще то обстоятельство, что освещенная часть ее поверхности весьма продолжительное время подвергается нагреванию солнечных лучей. Это зависит от того, что луна совершает полный оборот вокруг оси приблизительно в месяц, как и полный оборот вокруг земли. Весьма вероятно, что при освещении солнцем поверхность луны нагревается до температуры кипения воды. Наоборот, когда такая нагретая часть лунной поверхности, вследствие вращения луны вокруг оси, перейдет на неосвещенное солнцем полушарие, то ее температура, под влиянием отдачи теплоты в холодное мировое пространтсво, быстро понижается и может достигнуть 150 градусов холода и даже более. Такие сильные перемены температуры могли бы быть причиной разрушения различных пород, входящих в состав

лунной поверхности. И вопросом об изменениях на лунной поверхности интересовались и занимались многие астрономы. Некоторым из них казалось, что в том или другом лунном кратере они с течением времени замечали следы такой разрушительной деятельности. Однако, в противовес этому, другие астрономы, наоборот, доказывали, и тоже, повидимому, неопровержимым образом, что тот же самый кратер они все время наблюдали в его прежнем виде. Отрицать возможность изменений на лунной поверхности нельзя, но в настоящее время этот вопрос приходится считать открытым. Такого рода исследования затрудняются еще тем, что за действительные изменения на лунной поверхности можно принять и на самом деле некоторые астрономы принимали лишь видимые, кажущиеся изменения, зависящие исключительно от различных условий освещения луны солнцем.

ГЛАВА III.

Солнце.

§ 13. Расстояние от солнца до земли. Величина солнца.

Всякому известно весьма важное значение солнца для земли и для человека. Восход солнца влечет за собою пробуждение всей жизни на земле после ночного покоя. Благодаря солнцу сменяются на земле времена года, и благодетельные лучи весеннего солнца, распространяя теплоту и свет, оживляют всю природу после продолжительного зимнего застоя. Благодаря солнцу накопляется на земле всякого рода энергия. Вся жизнь человека находится в тесной зависимости от солнца, и даже настроение человека в солнечный день бывает лучше, чем в пасмурный. Поэтому вполне естественно, что человек проявляет особый интерес к нашему дневному светилу и стремится добыть более подробные сведения о нем.

Наблюдателю, находящемуся на поверхности земли, солнце представляется в виде круглого, резко очерченного, очень яркого диска, смотреть на который вследствие его чрезвычайной яркости мы можем только сквозь темное, напр., закопченное стекло. Первой нашей задачей является определение видимого поперечника солнечного диска, иначе говоря, определение того угла, под которым наблюдатель с земли усматривает истинный поперечник или диаметр солнца. Точные измерения дают для видимого поперечника солнечного диска величину, несколько превосходящую полградуса.

Второй задачей, при исследовании солнца, является определение расстояния от этого светила до земли. Известно, что земля совершает движение вокруг солнца. Подобным же образом вокруг солнца движутся и еще некоторые небесные тела разных размеров и разного вида, между прочим и те яркие светила, о которых шла речь при описании картины звездного неба и

которые перемещаются среди других звезд. Эти перемещающиеся светила называются планетами, и они все вместе составляют планетную или солнечную систему. Изучая движения земли и других планет вокруг солнца, мы можем для всякого момента построить модель всей планетной системы в произвольном масштабе. Если затем мы определим из наблюдений расстояние, отделяющее какое-нибудь светило от земли, то по этой модели мы тотчас же вычислим и все остальные расстояния между различными небесными телами. Легче всего и точнее всего определяются расстояния планет, весьма близко подходящих к земле. Из больших планет в этом отношении представляется весьма удобным Марс, но еще лучше избрать для этой цели малую планету Эрос, которая может иногда подходить к земле ближе, чем Марс. Определивши из наблюдений, по способу, изложенному в § 8 главы II, расстояние от земли до Эроса, мы при помощи вычислений находим, что расстояние от земли до солнца в круглых числах оказывается равным 149,5 миллионам километров. Чтобы лучше представить себе громадность этого расстояния, сделаем некоторые пояснения. Скорый поезд, проходящий около 75 километров в час, при непрерывном движении потратил бы на прохождение расстояния от земли до солнца 250 лет. Возьмем еще другой пример. Известно, что скорость распространения нервного раздражения составляет 33 метра в секунду. Представим себе ребенка, который при своем рождении обладает столь длинной рукой, что может коснуться ею солнца. В таком случае, получив ожог пальцев от солнца тотчас после своего рождения, он почувствовал бы этот ожог, только достигнув 140-летняго возраста.

Если известны расстояния от земли до солнца и видимый поперечник солнца, то на основании соображений, изложенных в главе о луне, мы легко можем сделать заключение о линейной величине солнечного поперечника. Оказывается, что солнечный поперечник в 109 раз больше поперечника земли, который заключает в себе приблизительно 12.755 километров.

§ 14. Яркость солнца.

Выше мы сказали, что солнце представляется в виде очень яркого диска. Яркость солнца так велика, что нет никакой возможности смотреть прямо на него сколько-нибудь продолжительное время без риска испортить себе зрение. Это удается только иногда, напр., при закате солнца, когда оно находится совсем близко к горизонту и когда в земной атмосфере бывает много водяных паров. В этом случае солнце представляется в виде красноватого диска. Было много попыток сравнить яркость солнца с яркостью земных источников света, но такого рода опыты сопряжены с большими трудностями, так как при этих сравнениях необходимо весьма сильно ослаблять солнечный свет. К наиболее сильным источникам света, которые мы можем получить у нас на земле, относится свет, испускаемый куском извести, доведенным до белого каления в пламени гремучего газа. Этот ослепительный свет называется Друмондовым светом. По исследованиям французских ученых Физо и Фуко оказывается, что яркость солнца в 146 раз больше яркости Друмондова света.

§ 15. Подробности на солнечном диске. Солнечная грануляция.

Изучать различные подробности на солнечном диске можно или при помощи фотографии, или при помощи астрономической трубы. Изучая солнце при помощи астрономической трубы, необходимо или навинчивать на окуляр темное стекло, или пользоваться особым солнечным окуляром, в значительной степени ослабляющим проходящий через него солнечный свет, или, наконец, отбрасывать изображение солнца на белый экран, поставленный на некотором расстоянии за окуляром. Наблюдения при помощи астрономической трубы, иначе называемые визуальными, и фотографические наблюдения взаимно

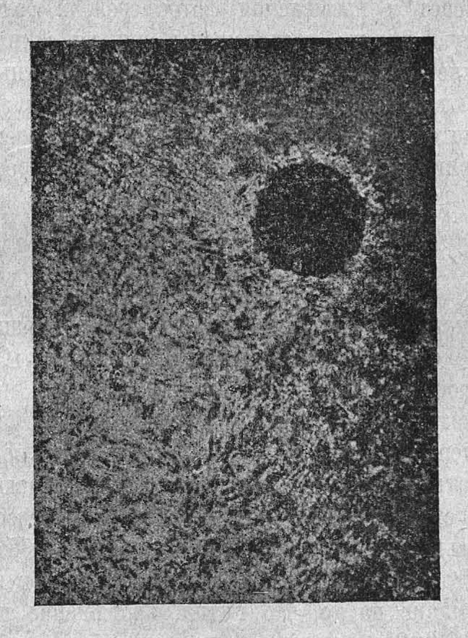


Рис. 22. Пятно и гранулы.

дополняют друг друга. Фотографические наблюдения весьма точно воспроизводят все те явления, которые в определенный момент имеют место на солнечном диске. Визуальные наблюдения оказывают большую услугу при зарисовывании мелких подробностей на солнечном диске и при установлении их быстрых изменений, а в особенности ценными они являются для обнаружения цветовых оттенков в образованиях, наблюдаемых на солнце, к чему обыкновенная фотография неспособна.

Изучая солнечный диск в астрономическую трубу или при помощи фотографии, мы прежде всего замечаем, что его яркость уменьшается от середины к краям. Кроме того, дальнейшее более внимательное изучение показывает, что поверхность солнца, которая невооруженному глазу или в слабую трубу представляется совершенно однородной, на самом деле при наблюдении ее в более сильный инструмент или на хороших фотографиях оказы-

вается далеко не везде одинаково яркой: она вся состоит из светлых зерен, разделенных между собой более темными промежутками. Таким образом солнечная поверхность представляет собою зернистое строение. Далее иногда мы наблюдаем на солнечной поверхности такие образования, которые значительно темнее окружающей их солнечной поверхности; это так называемые солнечные пятна. Иногда же случается наблюдать на солнечном диске места более светлые, чем окружающая их поверхность. Эти светлые образования солнечного диска называются факелами, и их особенно много можно наблюдать вокруг солнечных пятен.

Те зерна или гранулы, из которых состоит солнечная поверхность, посылающая нам свет и называемая фотосферой, в большинстве случаев имеют продолговатую форму; расположены они не одинаково равномерно: в одних местах солнечной поверхности зерна более скучены, в других менее. Эти зерна различаются между собой и по своим размерам: их наибольшее протяжение колеблется в пределах от 200 до 700 километров. Благодаря неоднородности, зернистости строения фотосферы это строение мы называем «грануляцией».

§ 16. Солнечные пятна.

Займемся теперь изучением солнечных пятен. Правильное их изучение началось со времени изобретения трубы в 1610 году. Они были открыты несколькими исследователями, в том числе и Галилеем, независимо друг от друга. Солнечные пятна темнее, чем промежутки между гранулами. Наименьшие из пятен, размером в 5 или 6 гранул, называются «порами». Но нередко приходится наблюдать пятна громадных размеров. Встречаются такие громадные пятна, протяжение которых в 4 и более раз превосходят поперечник земли и, следовательно, достигают 50,000 километров и более. Однако, необходимо заметить, что такие пятна все же принадлежат к исключениям. Следует обратить внимание на то, что пятна, протяжение которых приблизительно равняется 40.000 километров, уже могут быть наблюдаемы невооруженным глазом через закопченное стекло. Изучение солнечных пятен приводит нас к заключению, что они вообще очень непостоянны по своей величине и форме. Они развиваются очень быстро, иногда в несколько часов. Некоторые пятна в весьма короткое время настолько изменяют свой вид, что очень трудно зарисовать их в известный момент. Очень часто пятна образуются из пор. Точно также пятно, распадаясь и прекращая свое существование, часто обращается в группу пор, которые через некоторое время могут послужить очагом для нового образования пятна. Весь процесс появления, развития и исчезновения пятна для различных пятен охватывает неодинаковые промежутки времени. Некоторые пятна держатся всего только несколько дней, но есть и такие, которые в течение нескольких месяцев более или менее сохраняют свою форму. Продолжительность жизни многих солнечных пятен составляет два или три месяца. Большая часть пятен имеет типичный вид: в середине пятна находится более темное ядро или тень; это ядро окружено полутенью, которая значительно светлее, чем ядро, но темнее

остальной солнечной поверхности. Поры, которые представляют правильную круглую форму, полутени не имеют. Форма солнечных пятен бывает иногда круглая, иногда неправильная; часто наблюдается также спиральное строение пятна, наблюдаются как бы вихри, устремляющиеся из полутени в тень. Вблизи солнечного пятна фотосфера имеет особенное строение: зерна ее скучиваются, так что ее грануляционное строение не различается. Переход фотосферы в полутень совершается резко. В самой полутени мы замечаем ряд расположенных по радиусам зерен, отделенных друг от друга темными промежутками и образующих лучистое строение. Полутень также совершенно резко переходит в тень.



Рис. 23. Солнечное пятно

Нередко приходится наблюдать несколько солнечных пятен, окруженных общей полутенью. Это так называемая группа пятен. Как след вихря, в солнечных пятнах замечаются часто мосты, т. е. полосы светлого вещества, прорезывающие темное ядро (рис. 26); часто эти мосты, постепенно увеличиваясь, совершенно разделяют первоначальное ядро на два новых.

Спрашивается теперь, можно ли наблюдать солнечные пятна в любой части солнечного диска, или же они появляются только в определенных поясах. Продолжительные правильные наблюдения над солнечными пятнами показывают, что пятна появляются далеко не на всей солнечной поверхности. Известно, что солнце вращается вокруг оси. Те точки, в которых эта ось пересекает солнечную поверхность, называются полюсами солнца. Плоскость, перпендикулярная к оси вращения и проходящая через центр солнца, называется солнечным экватором. Около полюсов солнца пятна не

наблюдаются никогда; вблизи же солнечного экватора мы наблюдаем пятна сравнительно редко. Чаще же всего и больше всего пятна появляются в поясах от 10 до 30 градусов к северу и к югу от солнечного экватора. Эти пояса называются «царскими». В поясах от 30 до 50 градусов пятна наблюдаются очень редко, дальше 50 градусов от экватора до сих пор не наблюдали ни одного пятна.



Рис. 24. Вихреобразное солнечное пятно.

§ 17. Вращение солнца.

Перейдем теперь к движению солнечных пятен по солнечному диску. Если пятно существует в течение нескольких месяцев, то прежде всего мы можем проследить движение такого пятна от восточного края солнечного диска к западному. Это движение обусловливается вращением солнца вокруг оси. При этом иногда солнечные пятна движутся по прямолинейным хордам, перерезывающим солнечный диск, иногда пути их представляются криволинейными. Это об'ясняется тем, что плоскость солнечного экватора, как это выведено из наблюдений, наклонена к той плоскости, в которой движется земля вокруг солнца, и которая называется плоскостью эклиптики, под углом в 7 градусов. Два раза в году, именно 4-го июня и 6-го декабря по новому стилю, когда земля находится на линии пересечения плоскости солнечного экватора с плоскостью эклиптики, движение солнечных пятен происходит по прямым линиям. В остальные же дни их движения представляются криволинейными, и наибольшею выпуклостью криволинейные пути пятен обладают 5-го марта и 3-го сентября, при чем 5-го марта выпуклость обращена к северу, а 3-го сентября к югу.

Проследим же движение пятна в зависимости от вращения солнца вокруг оси. Положим, что пятно образовалось на той части солнечной поверхности, которая обращена в сторону, противоположную земле, и поэтому для нас невидима. Тогда, вследствие вращения солнца вокруг оси, мы впервые увидим это пятно на восточном краю солнца. Затем пятно медленно передвигается к центральным частям, приблизительно через две недели подходит к западному краю солнечного диска и, наконец, скрывается приблизительно также на две недели. По истечении этого срока оно снова появляется на восточном краю солнца, снова движется к центру и т. д. Это движение солнечных пятен всецело зависит от вращения солнца вокруг оси, и поэтому, наблюдая за появлением и исчезновением этих пятен или отмечая моменты прохождения таких пятен через центральную часть солнечного диска, мы можем вычислить и время вращения солнца вокруг оси. Оказывается, что промежуток времени между двумя последовательными моментами, соответствующими одинаковым положениям какого-нибудь пятна на солнечном диске, равен приблизительно 27 дням. Но это число представляло бы время

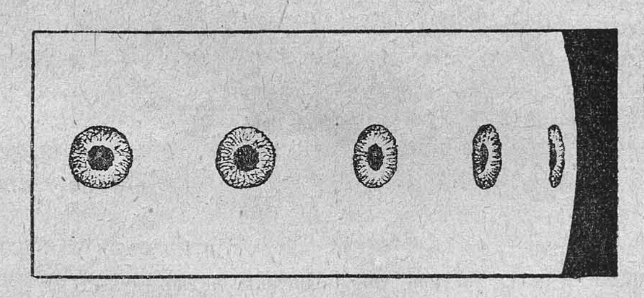


Рис. 25. Вращение солнца (пятно, переходя на край, делается овальным).

вращения солнца вокруг оси лишь в том случае, если бы земля была неподвижна. Имея же в виду, что земля движется вокруг солнца в том-же направлении, в каком происходит вращение солнца, мы убеждаемся, что вместо числа 27 надо взять несколько меньшее число. Простой подсчет дает для действительного вращения солнца вокруг оси приблизительно 25 дней. Этот результат получается из наблюдений пятен, появляющихся недалеко от солнечного экватора. Однако, более внимательное изучение вращения солнца показывает, что солнце вращается не как твердое тело, что пояса, находящиеся в различных удалениях от солнечного экватора, обладают различною угловою скоростью, а именно вращение солнца замедляется по мере перехода от солнечного экватора к полюсам. Каррингтон из наблюдений вывел, что это замедление выражается следующим образом:

Удаление от экватора.	Время вращения солнца.
0°	25,0 суток
10	25,2 »
20	25,7 »
30	26,5 »
40	27,4 »

Эти результаты были подтверждены многими другими учеными.

Необходимо отметить еще одно явление, стоящее в связи с вращением солнца вокруг оси. Когда пятно приближается от центра солнечного диска к его краю, то вследствие шарообразности солнца, очевидно, должно иметь место видимое изменение формы пятна, зависящее от перспективы. Именно пятно, имевшее круглую форму вблизи центра солнца, приближаясь к его краю, принимает овальную форму, при чем оно вытягивается параллельно солнечному краю. Но, кроме того, очень часто наблюдается еще другое явление, названное явлением Вильсона, по имени открывшего его ученого, который впервые наблюдал это явление в 1769 году. Именно при прибли-

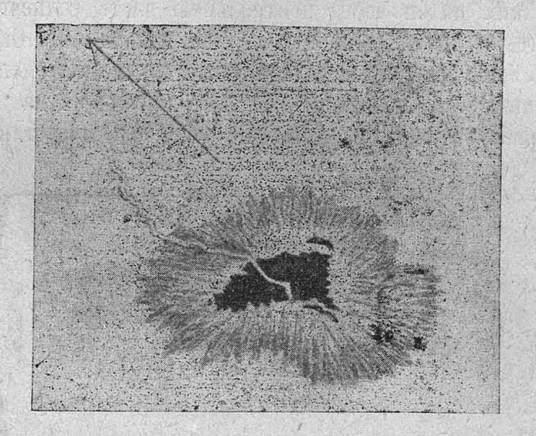


Рис. 26. Солнечное пятно.

жении пятна к солнечному краю нарушается симметрия в окружающей его полутени, и сторона полутени, обращенная к краю солнца, представляется достаточно широкой и видна очень отчетливо, тогда как противоположная сторона бывает очень узка или даже совсем исчезает, так что с этой стороны ядро пятна граничит непосредственно с фотосферой. Явление Вильсона может иметь место лишь в том случае, если пятно представляет углубление в фотосфере, причем ядро пятна служит дном углубления, а полутень валом, спускающимся к дну под некоторым углом.

§ 18. Число солнечных пятен. Периодичность пятнообразовательной деятельности солнца.

Перейдем теперь к вопросу о числе солнечных пятен. Остается ли число пятен на солнечном диске из года в год одно и то-же или нет? Наблюдения показывают, что число пятен на солнце в разные дни года далеко не одинаково. Бывают периоды, когда в течение целого года солнце ни разу не наблюдается вполне свободным от пятен, в другое же время иногда в те-

чение многих дней подряд не появляется на солнце ни одного пятна. Уже давно было замечено, что число солнечных пятен меняется периодически. Для изучения периодичности пятнообразовательной деятельности солнца удобнее всего просто сосчитывать число пятен, видимых на солнечном диске, ежедневно в течение целого года или даже в течение нескольких лет подряд. При таком сосчитывании пятен, наблюдаемых в данный момент на солнечном диске, цюрихский астроном Вольф предложил обращать внимание не только на отдельные пятна, но также и на группы пятен, в виду того, что появление новой группы пятен на солнце, очевидно, свидетельствует о большем развитии пятнообразовательной деятельности солнца, чем появление отдельного пятна. Вольф, до известной степени произвольно, предложил числу групп придавать в 10 раз большее значение, чем числу пятен. Таким образом, если число групп пятен на солнечном диске есть 11, а число отдельных пятен 52, то по Вольфу следует составить такое число: $11 \times 10 + 52 = 162$. Полученное таким образом число Вольф называет относительным числом. Относительные числа, составленные на каждый день, меняются от одного дня к другому не всегда плавно. Вследствие этого обыкновенно составляют средние относительные числа для каждого месяца или для каждой десятой доли года. Изменение таких относительных чисел происходит уже гораздо плавнее. Изложенным способом Вольф обработал собранные им наблюдения различных астрономов за промежуток времени с 1610 до 1879 года. Из составленных им относительных чисел он выбрал наибольшие и наименьшие. Наибольшие относительные числа соответствуют моментам наибольшей пятнообразовательной деятельности солнца, наименьшие—моментам наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца. Зная моменты наибольшей и наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца, можно определить и период этой деятельности. В среднем Вольф для этого периода получил 11,1 года. Этот результат был подтвержден Вольфером, преемником Вольфа по Цюрихской Обсерватории, причем он обработал наблюдения различных астрономов с 1749 до 1901 года. Отдельные значения периода пятнообразовательной деятельности солнца довольно сильно отличаются от его среднего значения. Внимательное изучение пятнообразовательной деятельности солнца показывает, что она не все время протекает равномерно. Прежде всего обыкновенно вспыхивает эта деятельность быстрее, чем затухает. В среднем промежуток времени между моментом наименьшей пятнообразовательной деятельности и ближайшим моментом наибольшей пятнообразовательной деятельности солнца равен 4,5 годам, а между моментом наибольшей деятельности и ближайшим следующим моментом наименьшей деятельности протекает в среднем 6,6 лет. Далее обращает на себя внимание то обстоятельство, что в эпохи как наибольшей, так и наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца относительные числа не всегда бывают одинаковы. Это показывает, что пятнообразовательная деятельность иногда развивается сильнее, иногда слабее.

Выше было сказано, что солнечные пятна появляются в определенных поясах. Однако распределение их в этих поясах не постоянно, и расстояние от солнечного экватора, где в определенный момент наблюдается

наибольшее количество пятен, периодически меняется с течением времени, при чем период этих изменений совпадает с 11-тилетним периодом пятнообразовательной деятельнотси солнца. После момента наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца пятна наблюдаются обыкновенно в более значительных расстояниях от солнечного экватора. Затем при дальнейшем течении 11-тилетнего периода пятна появляются все ближе и ближе к солнечному экватору, и так продолжается до следующего момента наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца, после чего наиболее богатые пятнами пояса оказываются снова лежащими дальше от экватора.

§ 19. Влияние пятнообразовательной деятельности солнца на земные явления.

Вся земная жизнь находится в такой тесной зависимости от солнца, что неоднократно у ученых являлась мысль, не обнаруживается ли 11-тилетний период пятнообразовательной деятельности солнца на каких-нибудь земных явлениях. До сих пор вполне определенно установлено влияние 11-тилетнего периода пятнообразовательной деятельности солнца на явления земного магнетизма. Мы рассмотрим здесь влияние этого периода на суточные изменения склонения магнитной стрелки. Магнитная стрелка, или стрелка обыкновенного компаса в каждом определенном месте земной поверхности составляет с полуденной линией, т. е. с линией, соединяющей точки севера и юга, угол, называемый склонением магнитной стрелки. Это склонение подвержено с одной стороны вековым изменениям, с другой стороны суточным. Суточные изменения происходят следующим образом. Около 8 часов утра в северном полушарии стрелка занимает наиболее восточное положение. Затем она медленно перемещается по направлению с востока на запад и наиболее западное положение занимает около 2 часов пополудни. После этого начинается обратное движение стрелки с запада на восток. Величина таких колебаний бывает очень невелика: она обыкновенно не превосходит 15 минут дуги, при чем самое склонение магнитной стрелки может выражаться несколькими градусами. Вполне определенно доказано, что величина суточных колебаний склонений магнитной стрелки периодически меняется, при чем период этих изменений совпадает с 11-тилетним периодом пятнообразовательной деятельности солнца. Это лучше всего усматривается из таблицы, помещенной в начале 43-й страницы.

Далее замечено, что в годы наибольшей пятнообразовательной деятельности солнца на поверхности земли наблюдается большее число северных сияний, и эти сияния бывают более интенсивны, чем в годы наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца.

Кроме того, установлена связь между появлением больших групп пятен на солнце и так называемыми магнитными бурями на земле, вызывающими внезапные и иногда довольно значительные отклонения магнитной стрелки от нормального положения.

Год.	Величина суточных колебаний склонения магнитной стрелки по наблюдениям в Мюнхене.	Число солнечных пятен по наблюдениям Швабе.
1843	7′,2	**34**
1844	**6,6**	52
1845	8,1	114
1846	8,8	157
1847	9,6	257
1848	**11,2**	**330**
1849	10,6	238
1850	10,4	186
1851	8,7	151
1852	9,0	125
1853	8,6	91

§ 20. Солнечные факелы.

Кроме солнечных пятен мы наблюдаем на солнечной поверхности еще солнечные факелы, которые представляют во многих отношениях явление,

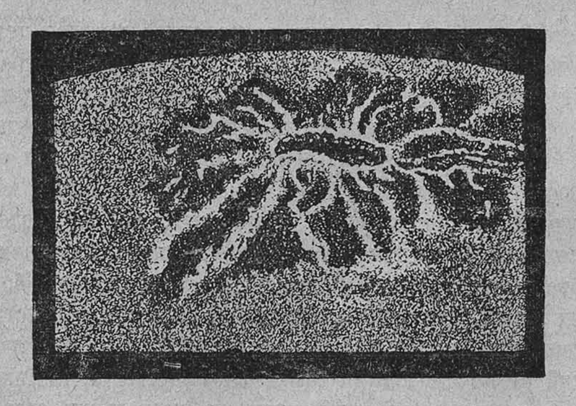


Рис. 27. Пятно, окруженное факелами.

прямо противоположное солнечным пятнам. Это суть яркие продолговатые образования, появляющиеся в различных частях солнечного диска, но чаще всего в тех же самых поясах, в которых наблюдаются солнечные пятна. Очень часто факелы окружают солнечное пятно, или группу пятен в виде вала, но нередко появляются они и отдельными группами, совершенно независимо от пятен. Хотя факелы появляются на всей солнечной поверхности, однако в трубу их можно различить только невдалеке от солнечного края, где яркость солнечного диска не так значительна. Иногда удается наблюдать факелы на самом краю солнца в виде возвышений. Такие наблюдения, несомненно, показывают, что факелы в противоположность пятнам представляют образования,

поднимающиеся выше общего уровня фотосферы. Форму свою факелы меняют весьма быстро, и потому вывести из наблюдений законы движения факелов очень трудно. Можно только утверждать, что они, как и пятна, имеют вращательное движение вокруг оси солнца вместе со всей фотосферой, и что угловая скорость их движения тем меньше, чем дальше они отстоят от солнечного экватора. Вообще, на основании многочисленных наблюдений можно с уверенностью утверждать, что между факелами и солнечными пятнами существует несомненная связь.

§ 21. Основы спектарльного анализа.

Те сведения, которые были до сих пор сообщены о солнце, добыты главным образом помощью наблюдений в астрономическую трубу. Но сведения о нашем дневном светиле могут быть значительно расширены, если мы к его изучению применим особый способ, который носит название спектрального анализа, и о котором уже было упомянуто в § 4 главы I. Там-же было дано понятие о спектре раскаленного твердого тела и о тех приборах, при помощи которых изучаются спектры различных источников света и которые называются или спектроскопами, или спектрографами. В настоящем параграфе мы ознакомим читателя с главнейшими основами спектрального анализа.

Если источником света служит раскаленное твердое тело, например, раскаленный до-бела кусок извести, или раскаленное жидкое тело, напр., расплавленный металл, то спектр такого источника света представляется непрерывным, сплошным, состоящим из бесчисленного множества разнообразных цветовых оттенков, постепенно и незаметно переходящих один в другой. Лишь для простоты, следуя Ньютону, в сплошном спектре отмечают семь главных цветов, а именно: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Если при помощи спектроскопа мы будем изучать солнечный свет, то мы получим сплошной спектр, перерезанный большим числом темных тонких линий. Эти темные линии указывают на отсутствие известных цветовых оттенков в спектре солнечного света. Если в спектроскоп принять луч, исходящий от какого-нибудь газа, находящегося в состоянии свечения, то мы получим спектр, состоящий лишь из нескольких отдельных тонких светлых линий различной окраски. Эти светлые линии называются спектральными линиями. Каждому газу соответствуют вполне определенные спектральные линии, и наоборот, по наблюдаемым спектральным линиям всегда вполне безошибочно можно определить, какому газу принадлежит изучаемый спектр. Темные линии, перерезывающие спектр солнца, мы также будем называть спектральными линиями. Сплошной спектр мы, очевидно, можем рассматривать состоящим из бесчисленного множества светлых спектральных линий. Темные линии, перерезывающие солнечный спектр, называются Фраунгоферовыми линиями по имени физика Фраунгофера, который открыл их в 1814 году. Опыты, производимые в лаборатории, показывают, что темные линии на сплошном спектре появляются в том случае, когда раскаленное тело, спектр которого исследуется, окружено

непрерывным, сплошным, состоящим из бесчисленного множества разнообразнаходятся в тех самых цветовых оттенках, в которые должны быть окрашены светлые линии в спектре газа или пара, входящих в состав упомянутой оболочки. В самом деле, если мы кусок извести доведем до высокой степени белого каления в пламени так называемого гремучего газа и затем будем исследовать при помощи спектроскопа ослепительный свет, испускаемый из-



Рис. 28. Кирхгоф.

вестью, неспособной, как известно, улетучиваться, то нашим глазам представится непрерывный спектр, как этого и следует ожидать на основании вышесказанного. Поместим, далее, между спектроскопом и известью пламя спиртовой лампочки, содержащее пары натрия, и сначала задержим, при помощи экрана, лучи белого света, испускаемые куском извести. В таком случае мы получим спектр, состоящий из двух светлых, весьма близких друг к другу желтых линий, принадлежащий натрию. Если мы, затем, отнимем экран, то нам тотчас же представится непрерывный спектр, перерезанный темными линиями в точности на тех самых местах, где только что пе-

ред этим мы видели светлые линии. Вставляя опять экран, мы снова увидим спектр, состоящий из вышеупомянутых светлых линий. Описанный опыт известен под названием опыта обращения спектра. Подобное же явление наблюдается и в том случае, когда в пламени спиртовой лампы содержатся пары других веществ.

Очевидно, что пламя спиртовой лампы, содержащее пары известного вещества, пропускает беспрепятственно все цветные лучи за исключением лучей того цвета, в который оно само окрашено вследствие присутствия в нем того или другого вещества. Раскаленная газообразная или парообразная оболочка, окружающая какое-нибудь светящееся тело, играет роль пламени спиртовой лампы в вышеописанном опыте. Выводы, только что сделанные из этого опыта, представляют так называемый закон Кирхгофа, на основании которого и об'ясняется появление темных линий на фоне сплошного спектра. Следует заметить, что для появления темных линий необходимо, чтобы оболочка, окружающая тело, обладала более низкой температурой, чем само тело. Если же оболочка обладает более высокой температурой, чем тело, то получим непрерывный спектр, на котором будут выделяться светлые линии, более яркие, чем непрерывный спектр. Таким образом, в этом втором случае спектр светящейся оболочки будет, так сказать, наложен на спектр раскаленного тела.

§ 22. Состав солнечной атмосферы.

Одной из первых задач применения спектрального анализа к изучению солнца должно быть об'яснение происхождения Фраунгоферовых линий, в огромном числе перерезывающих сплошной солнечный спектр, который есть не что иное, как спектр фотосферы. На основании предыдущего мы можем заключить, что появление темных Фраунгоферовых линий в солнечном спектре должно быть об'яснено существованием газовой оболочки, окружающей солнце, иначе говоря, существованием солнечной атмосферы. Химический состав этой оболочки мы можем определить, сравнивая спектр солнца со спектром различных, доступных для исследования в наших лабораториях веществ, или, как говорят, со спектром различных известных нам химических элементов. Отожествление Фраунгоферовых линий со спектральными линиями, наблюдаемыми в спектре того или другого химического элемента, есть задача по многим причинам весьма трудная. Достаточно указать на одно то обстоятельство, что в солнечном спектре по исследованиям Роуланда насчитывается свыше 5000 темных линий, из которых многие, расположенные одна рядом с другой, почти совпадают друг с другом и для изучения которых необходимы весьма могущественные спектральные приборы. Но во всяком случае присутствие многих химических элементов в оболочке, окружающей солнце, доказано с полною несомненностью. К числу таких элементов относятся: железо, кальций, магний, натрий, водород, калий, гелий и очень многие другие элементы, известные у нас на земле. Сравнительно немногие химические элементы, напр., азот, золото, ртуть, фосфор, сера и некоторые другие до сих пор в солнечной атмосфере еще не обнаружены. Наконец, имеется ряд сомнительных, еще недостаточно исследованных элементов.

Главнейшие наиболее резко выступающие темные линии солнечного спектра еще самим Фраунгофером были обозначены буквами латинского алфавита. Вообще же каждая спектральная линия определяется соответствующей ей длиной световой «волны». Все известные нам световые явления об'ясняются предположением, что впечатление света в глазу получается вследствие волнообразного колебания некоторого, чрезвычайно упругого вещества, заполняющего как все мировое пространство, так и промежутки между малейшими частицами всех тел, и получившего название «эфира», при чем эти колебания эфира происходят в плоскостях, перпендикулярных к направлению светового луча.

Некоторое подобие световых колебаний можно видеть в колебаниях поверхности воды, в которую брошен камень. От места падения камня распространяются кругами волны, при чем поднятие и опускание воды в каждом месте происходит в вертикальном направлении, тогда как волны расходятся горизонтально. Таким образом, колебания воды происходят перпендикулярно к направлению распространения этих колебаний. Расстояние между гребнями двух соседних волн воды называется длиною волны.

Точно такое же определение дают и длине световой волны. Длину световой волны измеряют на основании различных световых явлений, и изложение способов измерения длины волны той или другой спектральной линии относится уже к области физики. Световые волны оказываются чрезвычайно короткими, и их длина постепенно уменьшается с переходом от красных лучей к фиолетовым. За единицу длины световых волн обыкновенно принимают одну миллионную долю миллиметра, и эту единицу называют микромикроном.

Длине световой волны можно дать еще и другое определение. Чтобы в глазу получилось впечатление света, необходимо, чтобы число колебаний частиц эфира в одну секунду заключалось в пределах от 394 до 770 биллионов. При этом, если число колебаний составляет 394 биллиона в одну секунду, то мы получаем впечатление красного цвета; при 770 биллионах колебаний в секунду в глазу получается впечатление фиолетового цвета. Промежуточные числа колебаний порождают всевозможные цветовые оттенки, характерные для различных спектральных линий. Далее известно, что свет распространяется в пространстве со скоростью, равною приблизительно 300.000 километров в секунду. Частное от разделения скорости света на число колебаний, соответствующих данной спектральной линии, и называется длиной волны этой линии. Ниже приведены длины волн главнейших Фраунгоферовых линий.

Линия.	Часть спектра.	Длина волны в микромикронах.	Какому веществу принадлежит линия
A	Красная.	759	О линиях *A* и *B* будет
B	Красная.	687	сказано ниже в § 23.
C	Красная.	656	Водороду.
D	Оранжево-желтая.	590	Натрию.
E	Зеленая.	527	Железу.
F	Зелено-голубая.	486	Водороду.
G	Синяя.	431	Железу.
H	Фиолетовая.	397	Кальцию.

§ 23. Теллурические линии.

Далее надо иметь в виду, что лучи, идущие от солнца, как и вообще от всякого другого светила, прежде чем попасть в глаз наблюдателя, должны пройти через земную атмосферу, в которой, несомненно, происходит поглощение некоторой части света, при чем некоторые цветовые оттенки в спектре солнца могут оказаться поглощенными полностью. Таким образом, некоторые из темных линий, перерезывающих солнечный спектр, имеют свое происхождение не в солнечной атмосфере, а в земной. Такие темные линии солнечного спектра получают название теллурических от латинского слова *tellus*, что значит земля. Теллурические линии в солнечном спектре можно обнаружить, наблюдая этот спектр при различной влажности земной атмосферы и при различных высотах солнца над горизонтом. При значительной влажности атмосферы и при низком положении солнца теллурические линии в спектре солнца весьма резко усиливаются по сравнению с Фраунгоферовыми линиями солнечного происхождения. Есть и другие способы распознавания теллурических линий, но об этих способах мы здесь распространяться не будем. Большая часть теллурических линий принадлежит водяным парам, и все эти линии находятся в красной и оранжевой частях спектра. Впрочем, самые характерные из теллурических линий, именно Фраунгоферовы линии A и B принадлежат кислороду. Начиная с зеленого цвета до фиолетового включительно, в солнечном спектре теллурических линий не замечается.

§ 24. Невидимые части солнечного спектра.

Солнечный спектр не ограничивается только видимой его частью от красного цвета до фиолетового, но при помощи особых способов может быть исследован значительно дальше как со стороны фиолетового, так и со стороны красного конца. Так называемая ультрафиолетовая часть спектра легко получается при помощи фотографии, так как невидимые для глаз ультрафиолетовые лучи, с числом колебаний свыше 770 биллионов в секунду и с длинами волн меньше 397 микромикронов, обладают сильным химическим действием, и для них обыкновенные фотографические пластинки оказываются весьма чувствительными. Таким образом, невидимые непосредственно глазом ультрафиолетовые или химические лучи на фотографической пластинке, так сказать, делаются видимыми. Ультрафиолетовую часть солнечного спектра удалось проследить до длины волны в 293 микромикрона. Для лучей с меньшей длиной волны наша земная атмосфера оказывается непрозрачной.

Невидимая часть солнечного спектра, находящаяся за красным его концом и называемая инфракрасной, обнаруживается по своему тепловому действию, сила которого для каждого отдельного луча определенной длины волны может быть измерена с огромною точностью при помощи особого весьма чувствительного прибора, называемого болометром. Болометр в существенных чертах состоит из чрезвычайно тонкой платиновой полоски, толщина которой составляет всего 0.001 миллиметра и одна сторона которой,

подвергаемая действию солнечного излучения, покрыта сажей. Через эту платиновую полоску проходит слабый электрический ток, сила которого может быть измерена при помощи очень чувствительного гальванометра. Сила тока зависит от сопротивления пластинки болометра, которое в свою очередь зависит от температуры: с повышением температуры увеличивается сопротивление, вследствие чего сила тока и отклонение стрелки гальванометра уменьшаются. Если мы постепенно будем подвергать пластинку болометра действию различных частей солнечного спектра, то мы таким образом будем в состоянии по разности отклонений стрелки гальванометра измерять разность температур платиновой полоски, зависящую от различия интенсивности лучистой энергии солнца в различных частях спектра. При помощи болометра можно измерять разность температур с точностью до одной миллионной доли градуса по термометру Цельсия. Невидимые непосредственно глазом инфра-красные или тепловые лучи, с числом колебаний меньше 394 биллионов в секунду и с длинами волн свыше 759 микромикронов, при помощи этого прибора изучены в солнечном спектре до длины волны в 5600 микромикронов.

Как в ультрафиолетовой, так и в инфракрасной частях солнечного спектра обнаружено отсутствие многих отдельных лучей, зависящее от поглощения в солнечной атмосфере, а кроме того замечено значительное поглощение, производимое нашей земной атмосферой. Таким образом невидимые части солнечного спектра представляют полное подобие с доступной непосредственному впечатлению нашего глаза видимой частью спектра от красного цвета до фиолетового с перерезывающими эту часть темными Фраунгоферовыми линиями, обусловливаемыми поглощением как в солнечной, так и в земной атмосфере.

Выше мы говорили, что яркость солнечного диска уменьшается по мере удаления от центра диска к его краям. Это обстоятельство об'ясняется поглощением, производимым солнечной атмосферой, так как лучи, идущие от краев солнечного диска, должны пройти большую толщу солнечной атмосферы, чем центральные лучи. Яркость на краях солнечного диска в 2,5 раза меньше, чем яркость центральных частей. Пользуясь спектроскопом, астрономы убедились, что фиолетовые лучи на краях солнечного диска поглощаются гораздо сильнее, чем красные. Этим об'ясняется то обстоятельство, что на фотографических пластинках край солнечного диска бывает всегда более или менее размытым, так как при фотографировании фиолетовые и вообще химические лучи должны оказывать большее действие на пластинку, чем красные, а между тем они поглощаются гораздо сильнее.

§ 25. Спектр отдельных образований на солнечной поверхности.

Если при помощи спектрального анализа мы будем изучать такой участок фотосферы, где находится пятно, то мы получим спектр, несколько отличный от спектра участка фотосферы, свободного от пятен. Главное различие заключается в том, что темные Фраунгоферовы линии в спектре пятна

оказываются измененными: одни из них размыты, другие делаются более резкими, третьи более слабыми и даже совершенно исчезают. Такие изменения, как это можно вывести из лабораторных опытов, об'ясняются тем, что газы и пары, находящиеся в углублении фотосферы, представляющем собою солнечное пятно, обладают значительно более низкой температурой, чем температура газообразной и парообразной оболочки, расположенной над участком фотосферы, свободным от пятен. Интересно заметить, что в спектре солнечных пятен наблюдаются полосы, принадлежащие окиси титана. Наконец, некоторые темные Фраунгоферовы линии в спектре пятна иногда заменяются светлыми, резко выделяющимися на непрерывном спектре. Такое явление называется обращением линий. В спектре солнечных пятен очень часто наблюдается обращение водородных линий. По большей части это бывает в тех случаях, когда пятно перерезывается так называемым «мостом».

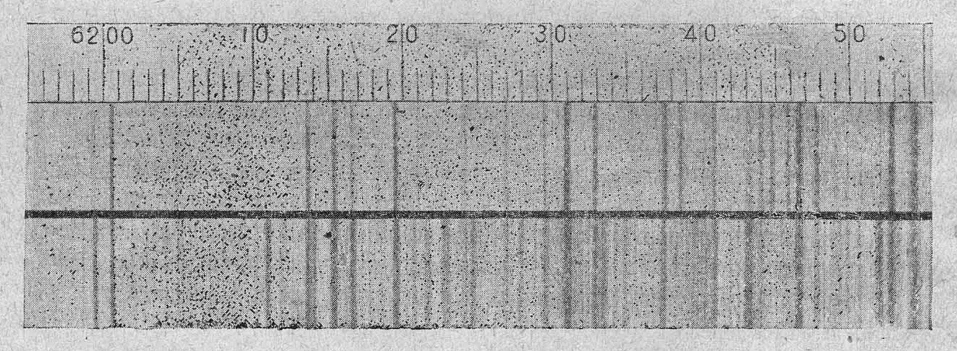


Рис. 29. Спектр пятна (внизу) и поверхности солнца (наверху).

Впрочем, иногда обращение водородных линий наблюдается в таких пятнах, в которых непосредственные наблюдения ничего особенного не обнаруживают. Появление светлых водородных линий в спектре солнечного пятна об'ясняется тем, что над пятном находится масса раскаленного водорода, температура которого выше, чем температура того слоя, который находится внутри пятна. Такими массами раскаленного водорода являются не только доступные для наблюдений в астрономическую трубу мосты, перерезывающие пятна, но также и невидимые для глаза легкие водородные облака. В спектре солнечных пятен обращение наблюдается также в линиях натрия и кальция. Кальциевые линии всегда наблюдаются обращенными в спектре факелов. Интересно обратить внимание на то, что в очень многих местах солнечной поверхности, где непосредственные наблюдения не обнаруживают ни пятен, ни факелов и вообще ничего особенного, кальциевые линии также представляются светлыми, т. е. обращенными. Все это указывает нам на то, что над солнечными пятнами, над солнечными факелами и вообще над некоторыми частями фотосферы носятся легкие облака водорода, натрия и кальция, температура которых превосходит температуру более низких слоев.

§ 26. Фотографирование солнца в монохроматическом свете.

Обращение спектральных линий дало возможность установить особый способ фотографирования солнца в определенных спектральных линиях или,

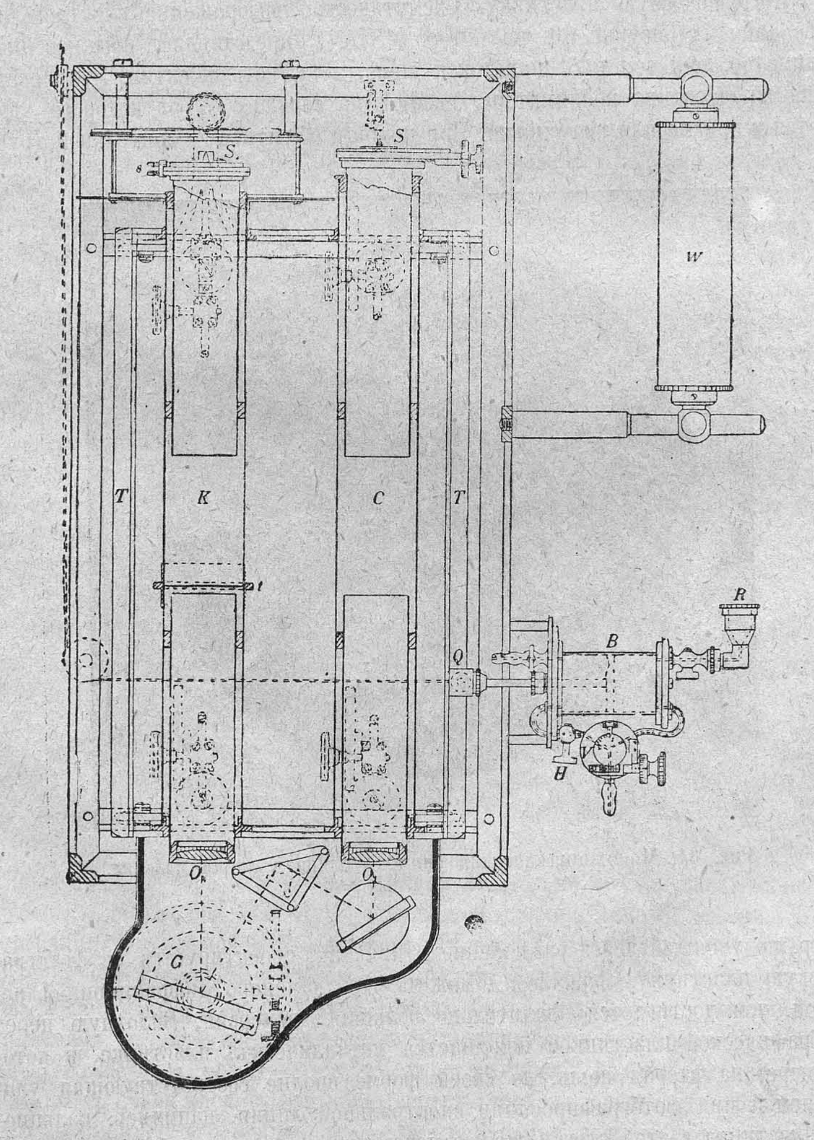


Рис. 30. Спектрогелиограф.

как говорят, в монохроматическом свете, т. е. в одном определенном цветовом оттенке.

Служащий для этой цели прибор называется спектрогелиографом. Прибор этот состоит прежде всего из сильного спектроскопа, который дает полный спектр некоторой части солнечной поверхности. Затем при помощи особого приспособления из этого спектра выделяется только какая-нибудь одна спектральная линия, которая оказывает химическое действие на фотографическую пластинку. Схематическое изображение спектрогелиографа дано на рисунке 30, на котором S_1KO_1 представляет обыкновенный коллиматор, при чем в S_1 находится щель, а O_1 есть об'ектив. Лучи света, выйдя из об'ектива коллиматора, падают на зеркало G, от которого отражаются к призме или ряду призм. При помощи об'ектива O зрительной трубы

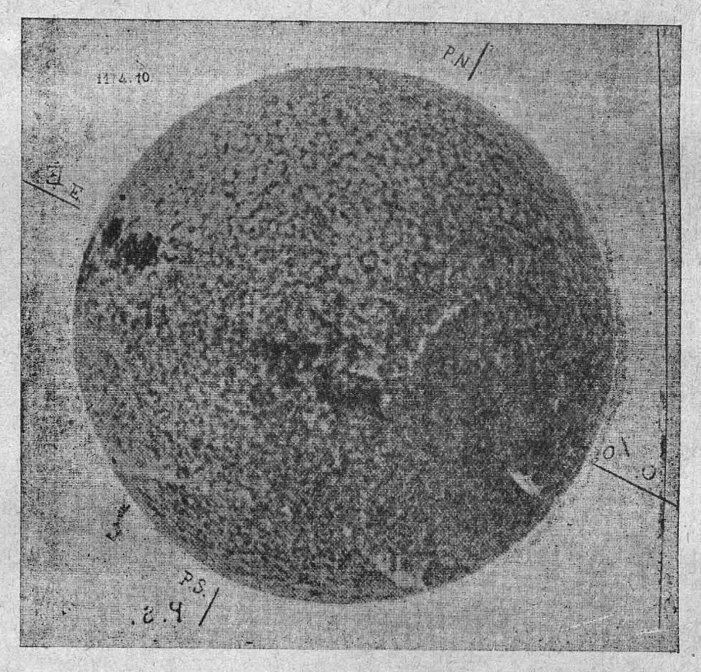


Рис. 31. Монохроматический снимок солнца в линии кальция.

спектр, полученный через разложение в призмах, проектируется на фотографическую пластинку. Зеркало G может быть заменено дифракционной решеткой, чем достигается значительно большая дисперсия. Вплотную перед фотографической пластинкой помещается металлическая пластинка, в которой вырезана вторая щель, по своей форме вполне соответствующая употребляемой при фотографировании спектральной линии, например, кальциевой. Пластинка с этой второй щелью передвигается и может быть приведена в точное совпадение с кальциевой линией. При такой установке щели на фотографическую пластинку будет пропускаться при помощи спектрогелиографа только свет от кальциевой линии. Спектрогелиограф привинчивается к окулярной части астрономического телескопа, при помощи которого на

первую щель S_1 спектрогелиографа проектируется солнечный диск. Положим, что на солнечном диске есть два места, дающие кальциевую линию в виде обращенной светлой линии и представляющие собою облака раскаленных кальциевых паров. В таком случае на фотографической пластинке через вторую щель спектрогелиографа запечатлеются изображения этих двух мест. Если первая щель занимает другое положение, то на фотографической пластинке через вторую щель получится изображение других кальциевых облаков. Постепенно передвигая при помощи особого приспособления первую щель спектрогелиографа по всему солнечному диску и перемещая в то же время фотографическую пластинку так, чтобы новое изображение кальциевых облаков располагалось рядом с только что полученными, мы и воспроизведем точную картину распределения раскаленных паров кальция по всему солнечному диску. По этому методу можно изучать также распределение по солнечному диску раскаленных паров других металлов. Таким образом, снимая солнце спектрогелиографом, мы будем получать на фотографической пластинке изображения только раскаленных облаков водорода или кальция, в зависимости от того, в какой линии мы производим фотографирование. Эти легкие облака водорода, кальция и других элементов, носящиеся над фотосферой, в частности над солнечными пятнами, и обладающие более высокой температурой, чем низшие слои того-же или других газов и паров, называются ф л о к у л а м и. Флокулы, повидимому, находятся в тесной связи с факелами и представляют собой наивысшие слои факелов. Флокулы недоступны для наблюдения глазом. Распределение таких флокулов над солнечным пятном иногда весьма быстро меняется. Иногда же флокулы в течение более или менее значительных промежутков времени сохраняют свою форму и распределение, и в этом случае по флокулам также можно изучать вращение солнца. Флокулы дают для вращения солнца в общих чертах такой же закон, как и пятна.

§ 27. Хромосфера, протуберанцы, обращающий слой.

До сих пор по Фраунгоферовым линиям мы только вывели заключение о существовании газовой оболочки, окружающей солнце, иначе говоря, о существовании так называемой солнечной атмосферы. Поэтому вполне естественным является вопрос, не можем ли мы эту атмосферу при некоторых условиях видеть, не можем ли мы не только обнаружить ее существование, но и подробнее изучить ее. Такие условия, при которых мы можем видеть солнечную атмосферу, оказываются на лицо во время полных солнечных затмений. В это время диск солнца покрывается луной, которая таким образом служит находящимся вне земной атмосферы экраном, задерживающим лучи, исходящие от фотосферы. Земная атмосфера оказывается при этом почти не освещенной, и мы ясно видим все слои солнечной атмосферы. К сожалению, продолжительность полных солнечных затмений всегда незначительна, она достигает всего нескольких минут времени. Самое же явление нередко может быть наблюдаемо лишь из совершенно незаселенных мест и иногда может

совпасть с неблагоприятной погодой. Таким образом изучение солнечной атмосферы сопряжено с значительными затруднениями и неудобствами.

При полном солнечном затмении наблюдаются следующие явления. Темный диск луны, покрывающий солнце, представляется окруженным узким, светящимся красноватым кольцом, называемым хромосферой. Внешний край хромосферы очень изрезан и представляется как бы зазубренным; в нем нередко наблюдаются выступы, достигающие иногда громадных размеров и называемые протуберанцами. Хромосферу окружает светлая оболочка, неправильной формы. Это солнечная корона. Она белого цвета и обладает местами лучистым строением. Если в первый момент полного затмения, т. е. непосредственно после покрытия фотосферы луной, навести спектроскоп на край солнца, то почти все Фраунгоферовы линии превращаются на мгновение в светлые. То же самое наблюдается в последний момент затмения. Это явление указывает на то, что между фотосферой и хромосферой солнца лежит еще некоторое очень тонкое кольцо. Это так называемый обращающий слой. Солнечная корона и обращающий слой могут быть изучаемы только во время полных солнечных затмений. Что же касается хромосферы и протуберанцев, то в настоящее время эти образования могут

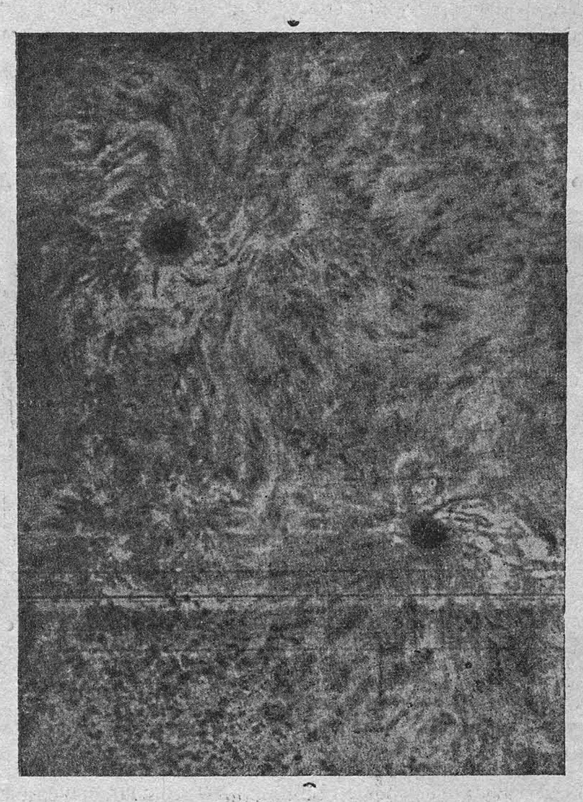


Рис. 32. Монохроматический снимок солнца в линии водорода.

быть наблюдаемы в спектроскоп при помощи особых методов каждый ясный день. Спектр хромосферы и протуберанцев состоит из нескольких светлых линий. По виду этого спектра мы заключаем, что хромосфера и протуберанцы состоят главным образом из водорода, гелия и кальция. Впрочем в тех местах хромосферы, где из нее поднимаются на значительную высоту в виде извержений протуберанцы, число светлых линий в спектре иногда бывает очень велико. Особенно часто в этом случае наблюдаются линии натрия и магния, встречаются также линии других металлов. Хромосфера представляет из себя красный слой, высота которого в разных местах неодинакова и колеблется от 7000 до 10000 километров. Поверхность хромосферы очень неправильна, местами она представляется ровной, большею же частью на ней замечаются неровности и возвышения разнообразной формы, и нередко она своим видом напоминает волнующуюся ниву.

Протуберанцы являются очень непостоянными образованиями; они принимают самые разнообразные формы и иногда в течение нескольких



Рис. 33. Спектр обращающегося слоя, сфотографированный призматической камерой без щели во время затмения (через призму, установленную перед об'ективом).

часов успевают появиться и исчезнуть. Протуберанцы могут появляться на всей поверхности солнца, но особенно много наблюдается их в зонах солнечных пятен. Наиболее крупные протуберанцы, которые по одному взгляду на них можно принять за извержения из хромосферы, появляются обыкновенно около солнечных пятен, и таким образом не может быть сомнения, что между пятнообразовательной деятельностью солнца и появлением протуберанцев должна существовать известная связь. Весьма возможно также, что протуберанцы суть образования, вполне подобные факелам и флокулам. Яркость протуберанцев вообще значительно меньше яркости хромосферы и уменьшается по мере удаления от края солнечного диска. Все наблюдаемые на солнце протуберанцы можно разделить на два больших класса, с одной стороны—на спокойные, с другой—на эруптивные или изверженные. Спокойные протуберанцы распространены по всему солнечному диску, состоят главным образом из водорода и подвержены лишь медленным и незначительным изменениям. Они иначе называются водородными протуберанцами. Эти протуберанцы чаще всего представляют лишь небольшие возвышения в хромосфере и в таком случае они называются кучевыми. Иногда они в виде небольших облаков парят над фотосферой, и тогда они называются облакообразными.

Эруптивные или изверженные протуберанцы встречаются по преимуществу в зонах солнечных пятен, в спектре их наблюдается значительное число спектральных линий паров металлов, и они весьма быстро и весьма значительно меняют свою форму и свои размеры. Эти протуберанцы иначе называются металлическими. Наблюдая эти протуберанцы, получаешь ясное впечатление, что из хромосферы вырываются струи светлого вещества. Из предыдущего изложения видно, что хромосфера и протуберанцы обладают вообще сравнительно простым химическим составом. Следовательно, погло-

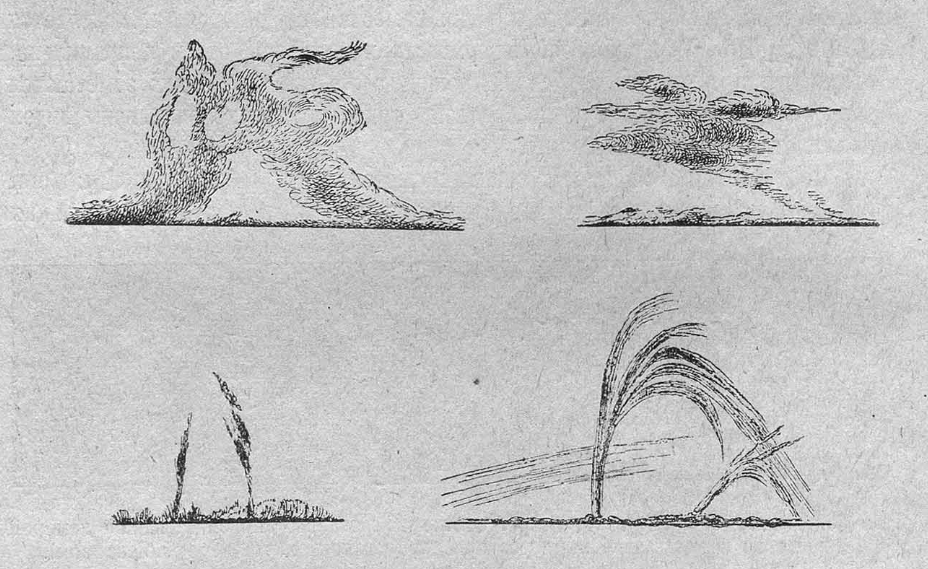


Рис. 34. Разные виды протуберанцев.

щением в хромосфере нельзя об'яснить происхождение всех Фраунгоферовых линий. Где же в таком случае получают начало остальные Фраунгоферовы линии? Выше было уже упомянуто о так называемом обращающем слое, который лежит между фотосферой и хромосферой и толщина которого очень незначительна. В нем то и происходит главное поглощение лучей, исходящих из фотосферы. Обращающий слой можно наблюдать обыкновенно лишь в течение 1—2 секунд перед наступлением полного солнечного затмения или сейчас же после его окончания. По продолжительности этого промежутка можно сделать заключение о толщине обращающего слоя. Эта толщина оказывается около 700 километров.

§ 28. Солнечная корона.

Теперь нам остается сказать о третьей оболочке, входящей в состав солнечной атмосферы, именно о так называемой солнечной короне. Солнечная корона имеет вид светлого, лучезарного сияния, окружающего диск

луны, и яркость ее сильно уменьшается по мере удаления от солнечного края. Особенно характерны лучи короны около полюсов солнца. Корональные лучи, по мере приближения к солнечному экватору, все более загибаются, принимают направление вдоль экватора и делаются более длинными. Вообще протяжение и форма короны очень непостоянны. Корональные лучи по длине иногда равняются нескольким солнечным диаметрам. Протяжение и яркость солнечной короны меняются от одного затмения к другому и находятся в

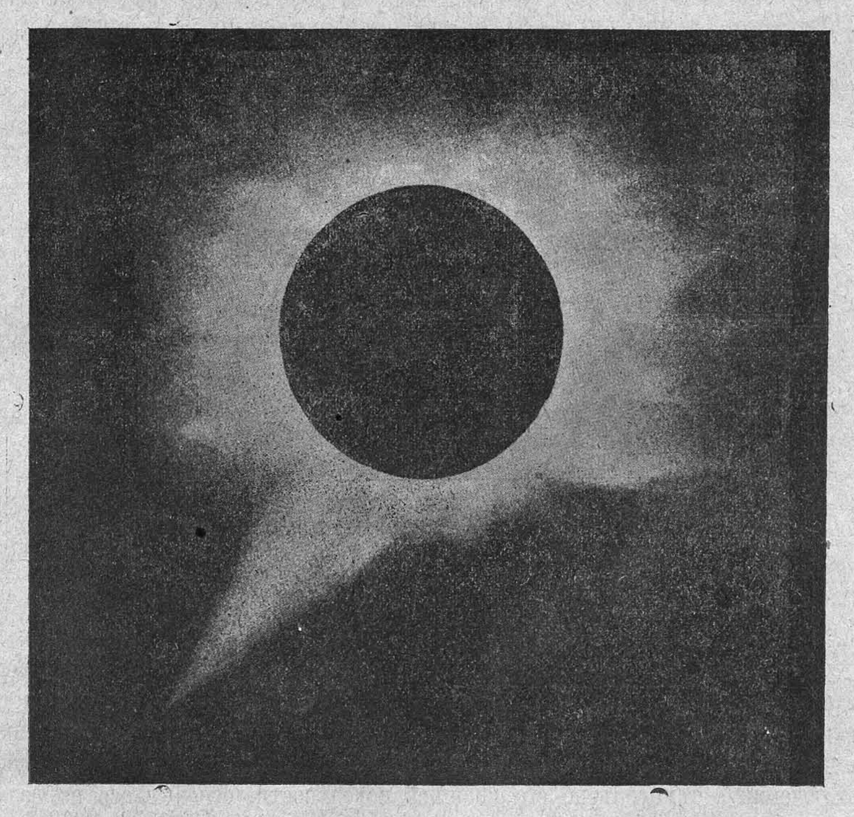


Рис. 35. Солнечная корона во время затмения 9 августа 1896 г.

зависимости от 11-тилетнего периода пятнообразовательной деятельности солнца. Именно, в годы наибольшей пятнообразовательной деятельности солнца и протяжение короны бывает наибольшим, в периоды же наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца корона бывает развита слабее. Точно также яркость короны во время наибольшей пятнообразовательной деятельности солнца бывает иногда настолько велика, что при записывании своих наблюдений астроном может обойтись без фонаря, во время же наименьшей пятнообразовательной деятельности солнца яркость короны бывает весьма незначительна. При наблюдении невооруженным глазом в различных частях солнечной короны подмечаются разнообразные весьма красивые цве-

товые оттенки. Исследования спектра солнечной короны ясно показали, что корона светится собственным светом. Именно, спектральный анализ обнаружил присутствие в короне светящихся водорода, гелия, кальция и неизвестного еще на земле вещества, которое дает светлую линию в зеленом цвете спектра и которому дано название корония. Впрочем, в последнее время астрономам удалось доказать, что солнечная корона посылает нам отчасти также и отраженный солнечный свет, и потому мы можем считать, что солнечная корона состоит из собрания мельчайших частичек, отражающих солнечный свет, и что эти частички окружены светящимися газами.

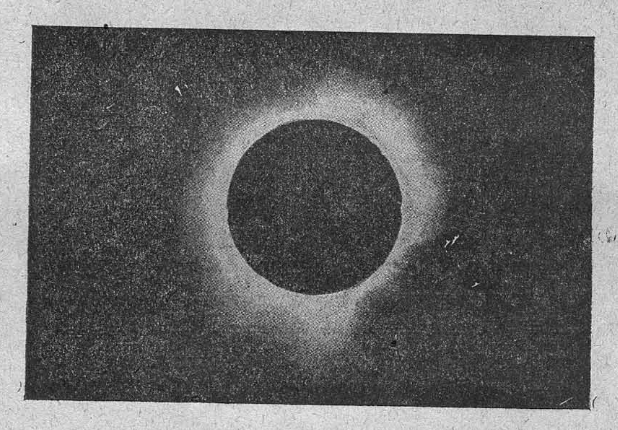


Рис. 36. Солнечная корона во время затмения 8 августа 1914 г.

§ 29. Температура солнца.

Перейдем теперь к вопросу о температуре солнца. Вопрос этот представляется чрезвычайно интересным и важным, но, к сожалению, очень трудно разрешимым. Прежде всего не может быть и речи об определении температуры внутренних частей солнца. Мы можем только делать некоторые заключения о температуре его внешней поверхности, основываясь на излучении солнцем света и теплоты и допуская, что к солнцу применимы те или другие физические законы, справедливость которых подтверждена лабораторными опытами для земных источников света, и которые дают зависимость между интенсивностью общего излучения и температурой тела, служащего источником света. Необходимо заметить, что эти законы проверены только для абсолютно черного тела. Та температура солнца, которая выводится на основании этих законов, очевидно, не является истинной, и ей дают название «эффективной» температуры солнца. Для определения эффективной температуры солнца можно между прочим воспользоваться законом Стефана, который выражается так: интенсивность излучения пропорциональна 4-ой степени температуры. Следовательно, если температура тела увеличилась в два раза, то интенсивность его излучения увеличится в 16 раз. Итак, для определения температуры солнца необходимо измерить интенсивность солнечного

излучения, а это есть задача довольно трудная, так как результаты будут зависеть от того, в какой час дня произведено измерение, на какой высоте над поверхностью земли производятся этого рода исследования и т. п. Для получения наиболее надежных результатов, наблюдения с целью определения солнечной температуры обыкновенно производят на высоких горах. При таких измерениях за единицу солнечной энергии или солнечного излучения принимается грамм-калория, т. е. количество энергии, которое, будучи превращено в теплоту, нагревает один грамм воды на один градус по 100-градусному термометру. Для измерения солнечной энергии служит специальный прибор, носящий название а к т и н о м е т р а. Главную часть этого прибора представляет серебряный цилиндрический сосуд, наполненный водой. Одно основание этого цилиндрического сосуда зачернено сажей. Это основание выставляется на солнце так, чтобы солнечные лучи падали на него перпендикулярно. Температура воды измеряется вставленным в сосуд весьма чувствительным термометром. Чтобы вода нагревалась равномерно, цилиндру придают вращение вокруг оси. Цилиндр актинометра вмещает в себе 100 граммов воды. Измеряя температуру воды до выставления актинометра под действие солнечных лучей и через некоторый промежуток времени после начала наблюдений, мы легко можем определить количество калорий, затраченных на ее нагревание от начальной температуры до температуры, измеренной в конце наблюдения. А отсюда уже без труда мы можем вычислить так называемую солнечную постоянную, которая и характеризует собою интенсивность солнечного излучения. Именно, солнечной постоянной называется число калорий, получаемых в одну минуту одним квадратным сантиметром земной поверхности, при чем предполагается, что солнечные лучи падают перпендикулярно к поверхности. Вполне понятно, что это количество калорий может быть высчитано на основании результатов измерения при помощи актинометра. Солнечную постоянную определяли многие ученые в различных пунктах земной поверхности, и в настоящее время наиболее точным значением ее признается 2,3 грамм-калорий. Принимая для солнечной постоянной это число и пользуясь затем законом Стефана, ученые вычислили, что эффективная температура солнца равняется около 6000 градусов.

§ 30. Расход и пополнение солнечной энергии.

Так как солнце постоянно излучает в пространство свет и теплоту, то является вопрос, не должна ли по истечении известного промежутка времени растратиться весьма значительная часть солнечной энергии, и не окажет ли это влияния также и на всю нашу земную жизнь. Правда, за то время, пока производятся точные наблюдения и измерения, не замечено сколько-нибудь значительного уменьшения излучения солнечной энергии, но теоретические рассуждения показывают, что такое уменьшение должно иметь место. В самом деле, зная величину солнечной постоянной, мы можем вычислить, сколько энергии расходует солнце в год. Вообразим себе поверхность шара, радиус которого равен расстоянию земли от солнца и центр которого совпадает с

центром солнца. Солнечная постоянная показывает, какое количество энергии получает один квадратный сантиметр этой поверхности в одну минуту. Вычислив, какое количество квадратных сантиметров заключает вся поверхность означенного шара, мы можем найти количество энергии, растрачиваемое солнцем в одну минуту, а затем и в какой угодно другой промежуток времени, напр., в год. Оказывается, что расход солнечной энергии в год выражается огромным числом, о котором даже трудно составить себе понятие, и которое в калориях представляется цифрой 33, сопровождаемой 32 нулями. Это настолько большой расход солнечной энергии, что, если бы таковая не пополнялась постоянно каким-нибудь способом, то и в сравнительно короткие промежутки времени такая убыль солнечной энергии могла бы быть обнаружена в тех или других явлениях. Поэтому естественно, что ученые стараются разрешить вопрос о том, каким же образом пополняется солнечная энергия. В этом отношении сделано несколько предположений. Так, Майер полагал, что пополнение солнечной энергии происходит вследствие постоянного падения на солнце небольших космических масс, называемых метеоритами. При падении эти тела ударяются о солнце и вследствие удара нагревают его поверхность, или, как говорят ученые, при этом энергия движения метеоритов переходит в тепловую энергию. Несмотря на незначительный размер каждого из этих тел, при их падении на солнце должна развиваться значительная теплота, благодаря большой скорости их движения. Однако, если бы на солнце падало очень большое количество метеоритов, необходимое для пополнения всей растраченной селнечной энергии, то самый об'ем солнца должен был бы увеличиться, и это сказалось бы на различных астрономических явлениях и прежде всего на движении земли, чего, однако, самыми точными наблюдениями не обнаружено. Таким образом, падением метеоритов на солнце может быть об'яснено пополнение лишь небольшой части расходуемой солнцем энергии.

Другое предположение о возможности пополнения расхода солнечной энергии было высказано Гельмгольцем. Он рассуждал так. Вследствие расхода солнечной энергии должно происходить охлаждение солнца. Следствием такого охлаждения по законам физики должно являться сжатие солнца; при сжатии же в свою очередь развивается теплота, и таким образом благодаря развитию этой теплоты пополняется солнечная энергия. Однако, и в этом случае для того, чтобы мог восполниться весь расход энергии или большая его часть, сжатие должно быть весьма значительным, и оно не могло бы ускользнуть от точных наблюдений. Но так как измерения поперечника солнца до сих пор не обнаружили никакого заметного сжатия, и оно, следовательно, может быть лишь такой же величины, как ошибки измерений, то и этим путем может пополняться лишь некоторая, вероятно, весьма небольшая часть растраченной солнцем энергии.

Делались и другие предположения о пополнении солнечной энергии, но мы здесь обратим внимание еще только на мысли шведского астронома Аррениуса, который полагает, что внутри солнечного шара находится большой запас теплоты и энергии, и что расходуемая солнцем энергия восполняется благодаря солнечным бурям и переворотам, во время которых из

внутренних частей солнца к его поверхности восходят токи, имеющие место, между прочим, в явлении солнечных пятен, как это обнаружено многими наблюдениями. По мнению Аррениуса одного взрыва внутри солнечной поверхности, результатом которого является такой восходящий ток, достаточно, чтобы развить теплоту, которая на долгое время могла бы компенсировать расход солнечной энергии. В действительности, пополнение солнечной энергии происходит, надо думать, всеми рассмотренными здесь способами.

§ 31. Современные воззрения на физическое строение солнца.

Описав различные явления, наблюдаемые на солнце, мы попробуем теперь соединить все сказанное в одну общую картину, которая дала бы нам представление о физическом строении этого светила, не вдаваясь, однако, в подробное изложение различных предположений относительно этого вопроса, так как ни одно из этих предположений не может быть признано в настоящее время вполне удовлетворительным. Солнце представляется нам в виде раскаленного шара очень высокой температуры. Температура этого шара понижается от центра к поверхности, где она должна быть сравнительно более низкой, вследствие теплового излучения. Определение физического состояния солнечного ядра является очень трудной задачей. При спектральном исследовании солнца мы получаем сплошной спектр, и это показывает, что солнечное ядро должно быть или твердым или жидким телом. Однако, этому противоречит слишком высокая температура солнца. При той высокой температуре, которая господствует во внутренних частях солнца, ни при каком давлении, как бы велико оно ни было, ни один газ, по законам физики, не может превратиться в жидкость. Но все же вследствие сильного давления эти газы должны быть очень сжаты, и действительно, как показали исследования и вычисления, подобные тем, которые были изложены в § 9, плотность их оказывается больше плотности воды. Отсюда мы заключаем, что газы, из которых состоит солнечное ядро, находятся в состоянии нам неизвестном и совершенно отличном от того, которое имеют газы в наших лабораториях, в состоянии какой-то вязкости, в состоянии, подобном тому, которым обладает наша смола.

Выше было сказано, что по мере удаления от центра солнца к его поверхности температура понижается. Таким образом можно предположить, что на определенном расстоянии от центра солнца температура должна понизиться настолько, что некоторые из газов начинают сгущаться в пары и облака. Из облаков падают жидкие капли, которые, достигая более глубоких слоев солнца, снова превращаются в пары. Только что упомянутые жидкие капли и дают сплошной спектр. Вследствие постоянных течений между центральными и наружными слоями солнца, вызываемых обменом газов различной температуры, фотосфера не может иметь гладкой поверхности, но должна быть волнообразной, сильно изрытой и, так сказать, разорванной на отдельные части. Этим об'ясняются видимые зерна фотосферы. Темный же фон между зернами наблюдается, по мнению Гельмгольца, потому, что мы видим

два слоя фотосферы. Верхний слой образуют верхние зерна, лучи же нижнего слоя, лежащего глубже, подвергаются большему поглощению, и потому слой этот представляется нам более темным. Это и есть темные промежутки между зернами или гранулами. Облака, лежащие в высоких слоях фотосферы, представляются нам в виде факелов. Когда же они поднимаются еще выше и делаются более разреженными, то образуют флокулы.

Солнечные пятна представляют собой углубления в фотосфере. Ядра пятен лежат глубже остальных частей, и свет, исходящий от них, подвергается наибольшему поглощению. Поэтому они и представляются нам темными. Полутень пятна представляет собой скаты углубления. Наблюдения обнаруживают в солнечных пятнах как восходящие, так и нисходящие токи различных газов, при чем более горячие газы поднимаются вверх, а охлажденные газы опускаются вниз. Вокруг пятен наблюдаются факелы, которые суть возвышения, вздутия в фотосфере и которые на краю солнечного диска обнаруживаются в виде протуберанцев. Факелы и протуберанцы, вероятно, представляют собой следствие тех взрывов, о которых было сказано в предыдущем параграфе.

Над фотосферой находится солнечная атмосфера, состоящая из трех оболочек. Непосредственно к фотосфере прилегает, как мы видели выше, весьма тонкий обращающий слой, обладающий весьма сложным химическим составом. Второй оболочкой служит хромосфера, состоящая главным образом из водорода и гелия и по толщине значительно превышающая обращающий слой. Из тех же газов состоят протуберанцы, являющиеся, как мы уже сказали, следствием взрывов, происходящих в более глубоких слоях солнца. Плотность их ничтожна. Еще более ничтожной плотностью обладает третья оболочка солнца—солнечная корона. Она отчасти светится собственным светом, отчасти же отражает свет солнца. В состав ее входят главным образом водород и короний, но кроме газов она содержит, вероятно, мельчайшие частицы космического вещества.

ГЛАВА IV.

Планеты и их спутники.

§ 32. Видимое движение планет.

При описании картины звездного неба было обращено внимание на особо яркие светила, перемещающиеся среди звезд. Эти светила называются планетами, что значит блуждающие тела. Они были выделены среди остальных звезд еще в глубокой древности, когда люди стояли близко к природе и изучали такие астрономические явления, из которых они могли извлечь непосредственную пользу для своей жизни и в особенности для распределения

своего труда в хозяйственных и земледельческих работах. С древних времен были известны пять ярких планет, а именно: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Земля в то время не считалась планетой, и древние астрономы полагали, что земля представляет собою центральное тело, и что для нее с ее обитателями и создана вся вселенная. Только после изобретения телескопа к выше названным пяти планетам были присоединены еще две больших планеты Уран и Нептун, из которых первый находится на пределе видимости невооруженным глазом, а последний доступен для наблюдений только в телескопы, и весьма многочисленный рой маленьких телец, получивших название астероидов, или малых планет, и представляющих собою также телескопические светила. Внимательное изучение движений планет среди звезд

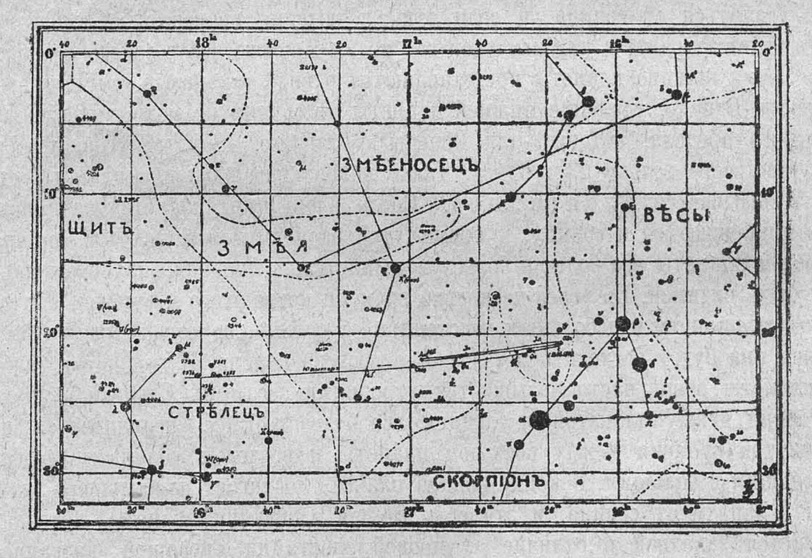


Рис. 37. Путь планеты между звезд.

быстро приводит наблюдателя к заключению, что эти движения отличаются большою неправильностью. Следя за какою-нибудь планетой, мы можем заметить, что в различные моменты она движется с различною скоростью и что направление ее движения иногда изменяется в прямо противоположное, чтобы через некоторое время снова перейти в прежнее, при чем, меняя направление движения, планета некоторое время представляется как бы неподвижно стоящей в некоторой точке неба. Движение планеты с запада через юг на восток называется прямым, движение же с востока через юг на запад обратным. Положение планеты, при котором она представляется неподвижно стоящей, называется «стоянием». Если бы мы стали наносить путь планеты среди звезд на звездную карту, представляющую тот участок неба, где наблюдается планета, то нередко мы могли бы заметить, что планета, изменяя свое движение из прямого на обратное, или из обратного на прямое, завязывает особого рода петлю. Дальнейшие наблюдения над пла-

нетами обнаруживают кроме этих общих свойств их движения также некоторое отличие в движениях различных планет, дающее возможность разделить все планеты на две группы. Именно к первой группе относятся только две планеты, Меркурий и Венера, которые называются нижними планетами; все же остальные планеты составляют вторую группу и носят название верхних. Различие в движении нижних и верхних планет, наблюдаемом с поверхности земли, весьма существенное. Нижние планеты никогда не удаляются на небе на слишком большое расстояние от солнца. Допустим, что мы начинаем наблюдать планету с того момента, когда она находится, приблизительно, в той-же самой части неба, где и солнце. В таком случае эта планета с каждым днем будет все более и более удаляться от солнца, и если эти наблюдения производятся вечером, то она будет заходить с каждым днем все позже и позже после захода солнца. В это время нижние планеты представляются в виде так называемых вечерних звезд. Однако, удаление нижней планеты от солнца не может превзойти известного предела, который для Венеры составляет 46,5 градусов, а для Меркурия всего только 23 градуса. Такое наибольшее удаление планеты от солнца называется *элонгацией*. После элонгации планета начинает снова приближаться к солнцу, и промежуток времени между заходом солнца и заходом планеты все более и более уменьшается, и, наконец, планета перестает быть видимой. Но через несколько времени после этого мы можем опять наблюдать планету в небольшом расстоянии от солнца, но только уже утром, при чем она будет восходить незадолго до восхода солнца. В это время нижние планеты очень часто называются утренними звездами. С каждым днем расстояние между планетой и солнцем все более и более увеличивается, и промежуток времени между восходом планеты и восходом солнца делается все большим и большим. В конце концов планета достигает наибольшего удаления к западу от солнца, и это есть вторая элонгация планеты, которая называется западной в отличие от первой элонгации, носящей название восточной. После некоторой остановки планета снова начинает приближаться к солнцу, пока, наконец, опять не исчезнет для глаз наблюдателя; после чего ее, как и прежде, можно наблюдать в виде вечерней звезды. В полночь нижние планеты на небе никогда не наблюдаются. Меркурий вообще может быть наблюдаем с весьма большими затруднениями, так как вследствие чрезвычайной близости его к солнцу он бывает доступен для наблюдений лишь тогда, когда находится вблизи горизонта, где носящиеся в земной атмосфере водяные пары делают его трудно видимым. Венера же обладает наибольшею яркостью среди всех планет и потому представляет чрезвычайно красивую картину, когда она горит на небе в виде или утренней или вечерней звезды. Вследствие своей большой яркости она может быть наблюдаема на небе иногда даже при полном солнечном свете, если только наблюдателю известно ее положение. Когда нижние планеты делаются невидимыми для глаза наблюдателя, то в этом случае нужно различать два их положения. С одной стороны нижняя планета может расположиться между землею и солнцем, и в этом случае она невидна потому, что, будучи телом темным, посылающим на землю лишь отраженный солнечный свет, она обращена к земле своей неосвещенной

половиной. С другой стороны в тот момент, когда нижняя планета невидна для глаза наблюдателя, солнце может находиться между землею и планетой. В это время планета обращена к земле своею освещенною половиной, но она невидна потому, что исчезает в ярких лучах солнца. Оба только что рассмотренные положения нижней планеты называются ее «соединениями» с солнцем, при чем в первом случае соединение называется нижним, а во втором верхним.

Что же касается движения верхних планет, то они могут удаляться на небе от солнца на какие угодно расстояния, и потому мы можем их наблюдать также и в полночь в части неба, прямо противоположной той, где находится солнце. В это время земля располагается между планетой и солнцем, и такое положение верхней планеты мы называем ее «противостоянием» с солнцем. Если планета находится в той-же части неба, что и солнце, то это последнее располагается между землей и планетой, и в это время, хотя планета тоже обращена к земле своей освещенной частью, но она невидима наблюдателю, так как исчезает в лучах солнца. Такое положение верхней планеты называется ее соединением с солнцем. Из верхних планет для наблюдения невооруженным глазом наиболее красивой представляется Юпитер, который иногда по своей яркости соперничает с Венерой, никогда однако не достигая того блеска, каким обладает Венера.

§ 33. Система Птоломея.

Древние астрономы, подметив запутанные движения планет среди звезд, старались каким-нибудь образом об'яснить себе эти движения. Так как они полагали, что в центре вселенной находится земля, и что все планеты движутся вокруг земли, как главного небесного тела, между тем как в действительности по позднейшим исследованиям движение планет происходит вокруг солнца, то об'яснение сложных видимых движений планет представляло для древних астрономов большие трудности. Впервые стройная система, об'ясняющая движение планет, была изложена Птоломеем, жившим в середине второго века после Р. Хр. Изложил он свою систему в знаменитом сочинении, носящем название «Альмагест», что по-русски означает «Великое Построение». Эта система не целиком принадлежит ему, но он только собрал и систематизировал все, сделанное до него.

По системе Птоломея земля находится в центре вселенной, и вокруг нее вращается целый ряд прозрачных, кристальных или хрустальных шаровых поверхностей или сфер вместе с прикрепленными к ним планетами и звездами. При этом луна и солнце движутся вокруг земли по окружностям больших кругов, расположенных на соответственных кристальных сферах. Что же касается остальных планет, то Птоломей, для об'яснения неправильностей их видимых движений, полагал, что вокруг земли по окружности большого круга на соответственной кристальной сфере движется некоторая воображаемая точка, служащая центром окружности меньших размеров, по которой движется уже сама планета. Окружность, находящаяся на поверхности кристаль-

ной сферы, называется «деферентом», а окружность меньших размеров «эпициклом». Неодинаковые скорости планет в различные моменты, иначе говоря, неравномерность движения планет об'ясняется тем, что земля находится не в самом центре, общем для всех кристальных сфер, а несколько в стороне от него. Благодаря этому одинаковые перемещения планеты в различных частях сферы должны усматриваться с земли под различными углами, и, следовательно, видимые угловые скорости планеты в различные моменты действительно должны быть различны. Направления скоростей воображаемой

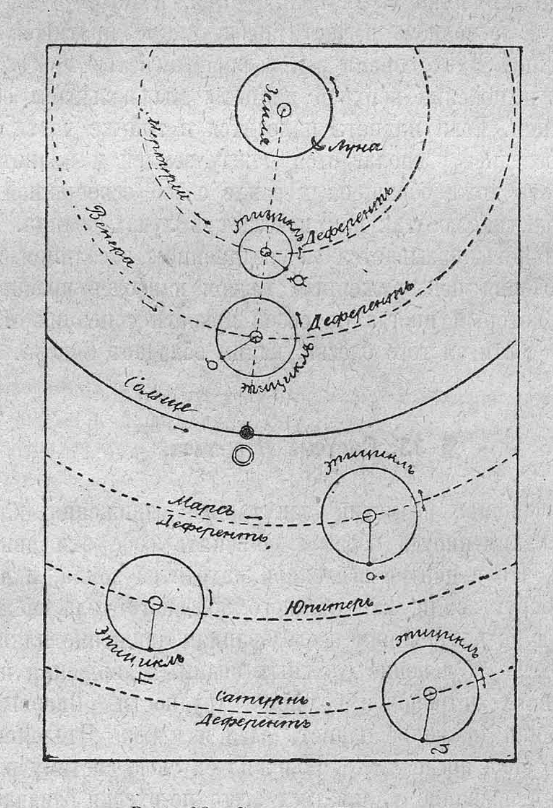


Рис. 38. Система Птоломея.

или фиктивной точки на деференте и планеты на эпицикле были иногда одинаковы, иногда прямо противоположны, и благодаря этому вполне об'яснялись все видимые движения планет, т. е. их прямые и обратные движения и стояния. В некоторых случаях для об'яснения сложных движений планет, в особенности по мере увеличения точности наблюдений, нельзя было ограничиваться одним эпициклом, и по первому эпициклу последователи системы Птоломея заставляли двигаться центр второго эпицикла, по второму центр третьего и т. д. и, наконец, по последнему эпициклу центр планеты. Таким образом система деферентов и эпициклов становилась все более запутанной,

и это, без сомнения, заставляло последующих астрономов задумываться над вопросом о правильности системы Птоломея. Существует даже предание, что кастильский король Альфонс X, живший в XIII веке после Р. Х., ознакомившись с астрономическим мировоззрением Птоломея, при чем современные ему ученые принуждены были вводить в рассмотрение весьма большое число эпициклов, воскликнул: «Если бы я присутствовал при сотворении мира, и творец мира спросил моего совета, то, наверное, мир был бы сотворен несколько лучше!». Но при всем том необходимо признать, что, подбирая известным образом размеры деферентов и эпициклов, а также величины



Рис. 39. Коперник.

скоростей движения центра первого эпицикла по деференту, центра каждого последующего эпицикла по предыдущему эпициклу и, наконец, центра планеты по последнему эпициклу, можно было, по системе Птоломея, весьма удовлетворительно представить видимые движения планет. Этим об'ясняется, что система Птоломея господствовала в астрономии более 1000 лет, именно до конца XVI века.

§ 34. Система Коперника.

Рассказ о короле Альфонсе X, приведенный в конце предыдущего параграфа, является, так сказать, первым выражением сомнения в безусловной истинности Птоломеева мировоззрения. С течением времени эти сомнения росли все более и более, и Коперник, провозгласивший в XVI веке новое астрономическое мировоззрение, в самой основе совершенно отличное от мировоззрения Птоломея, был лишь смелым выразителем тех взглядов на строение планетной системы, которые явились результатом постепенной

критической работы многих лиц по отношению к старому, считавшемуся непреложным мировоззрению. Коперник впервые решился низвести землю в разряд планет, и в этом заключается его огромная заслуга перед астрономией. Согласно его учению центральным телом планетной системы является солнце, планеты же обращаются вокруг него по окружностям кругов, при чем по степени удаления от солнца они следуют одна за другой в таком порядке: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн. В те времена Уран и Нептун еще не были открыты. Движение планет происходит с запада через юг на восток; в том же направлении вращается и земля вокруг своей оси, совершая полный оборот в течение суток. Луна же является спутником земли, и время ее обращения вокруг земли равняется 27 дням. Что же касается неподвижных

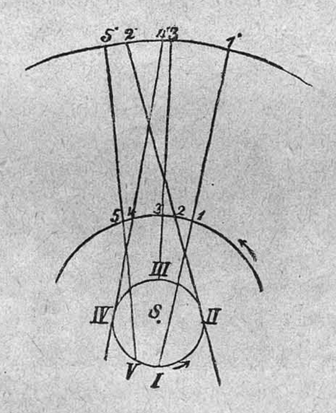


Рис. 40. Видимые движения планет по системе Коперника.

звезд, то они находятся в совершенном покое, и расстояния их от земли очень велики.

По системе Коперника сложные видимые движения планет об'ясняются весьма просто. Пусть на прилагаемом чертеже окружность круга *I*, *II*, *III* . . . представляет путь или, как говорят астрономы, орбиту земли вокруг солнца, а окружность круга *1*, *2*, *3* . . . орбиту какой-нибудь верхней планеты. Положим, что движения земли и планеты происходят равномерно с запада через юг на восток, и что, когда земля находится в точках *I*, *II*, *III* . . . планета соответственно занимает положения *1*, *2*, *3* . . . , при чем, чем дальше от солнца находится планета, тем меньший путь она проходит в один и тот-же промежуток времени. Положим, что земля находится в точке *I*, а планета в точке *1*, в соединении с солнцем; в это время она с земли будет усматриваться на небе около какой-нибудь звезды в точке *1'*. Затем, когда земля переместится в точку *II*, планета, находясь в действительности в точке *2*, будет усматриваться на небе уже около другой звезды в *2'*, т. е. представится сместившейся к востоку; при этом будет казаться, что в промежуток времени между положениями *1'* и *2'* планета двигалась

довольно быстро. Положение планеты в точке *2* между прочим называется ее квадратурой, так как в этом случае линии, идущие от солнца с одной стороны к земле, с другой стороны к планете, составляют между собою прямой угол. Далее земля перейдет в точку *III*, видимое же положение планеты сместится к западу в точку *3'*, и планета окажется в противостоянии с солнцем. Движение ее в промежутке времени между квадратурой и противостоянием будет представляться наблюдателю обратным и несколько замедленным. В этом промежутке времени в некоторый момент, именно при переходе движения из прямого в обратное, земля займет такое положение, что планета будет казаться неподвижной, что и определит стояние планеты. Далее, при перемещении земли в точку *IV*, планета переместится на небе в точку *4'*. Движение ее снова станет прямым, и скорость движения будет наименьшая. В этот момент планета находится во второй квадратуре. Затем земля перейдет в точку *V*, планета же в точку *5'*, причем ее движение, оставаясь прямым, ускорится. Наконец, когда планета снова будет подходить к соединению с солнцем, скорость прямого движения достигнет наибольшей величины, и с момента соединения описанные явления повторятся в том-же порядке.

Видимое движение нижних планет по системе Коперника об'ясняется также очень просто. Таким образом достаточно было допустить, что земля есть одна из планет, и что в центре планетной системы находится солнце, и все запутанные на первый взгляд видимые движения планет оказалось возможным об'яснить весьма просто, не прибегая к сложной системе деферентов и эпициклов.

§ 35. Законы Кеплера.

После того как система Коперника получила общее распространение, и вследствие этого было признано, что все планеты, и в их числе также и земля, совершают свои движения вокруг солнца, пришлось прежде всего установить правила, на основании которых можно было бы по наблюдениям, произведенным с поверхности земли, определять направления, по которым планеты усматривались бы воображаемым наблюдателем из центра солнца. Результаты таких подсчетов должны были послужить основанием для вывода законов, которым планеты подчиняются в своих движениях вокруг солнца. Для вывода этих законов необходимо было иметь достаточно большое число точных наблюдений над планетами. В этом отношении большую услугу астрономии оказал датский астроном Тихо-Браге, который на обсерватории в Ураниенбурге на осторове Гвеен произвел весьма большой ряд необыкновенно точных для его времени наблюдений над планетами. Его наблюдениями воспользовался Кеплер, который, внимательно изучив эти наблюдения, путем последовательных приближений вывел три знаменитые закона движения планет вокруг солнца, носящие его имя. На эту работу он потратил всю свою жизнь, точно так же, как и Коперник провозгласил свое новое астрономическое мировоззрение, как результат исследований целой жизни. Законы Кеплера

в течение многих веков золотыми буквами были начертаны на небе, и только ему, после кропотливого изучения наблюдений Тихо-Браге, впервые удалось прочесть эти огненные буквы и точно формулировать законы движения планет. Первый закон Кеплера гласит: площади, описываемые линией, соединяющей центр планеты с центром солнца, или так называемым радиусом-вектором планеты, в один и тот-же промежуток времени в различных частях орбиты планеты, имеют одну и ту же величину. Этот закон может быть выражен еще следующим образом: площади, описываемые радиусом-вектором планеты в некоторые неравные промежутки времени, относятся между собою, как



Рис. 41. Кеплер.

те промежутки, в течение которых они описаны. Второй закон Кеплера определяет вид кривой, по которой движутся планеты вокруг солнца. Движение планет совершается по кривым, весьма близким к окружностям кругов, и обнаружить отличие планетной орбиты от окружности круга Кеплеру удалось лишь благодаря тому, что он по счастливой случайности обратил внимание на планету Марс, путь которого довольно значительно отличается от окружности круга. Пути планет представляют собою овальные, вытянутые кривые с двумя характерными точками F и S внутри их (рис. 42). Эти точки симметрично расположены относительно центра C и обладают тем свойством, что сумма расстояний планеты от этих точек во всякий момент есть величина постоянная. Эти точки называются фокусами кривой, а самая кривая называется эллиптической. Второй закон Кеплера говорит нам, что все планеты при своем

движении вокруг солнца описывают эллиптические кривые, в одном из фокусов которых, общем для всех орбит, помещается центр солнца. Третий закон, на который Кеплер потратил, может быть, больше всего времени, делая всевозможные пробы, как бы об'единяет все планеты в одну семью. Если известно расстояние всех планет от солнца и время полного оборота вокруг солнца для одной из них, то этот закон дает возможность определить времена оборотов всех других планет. Третий закон Кеплера выражается так: квадраты времен полных оборотов планет вокруг солнца относятся между собою, как кубы средних расстояний планет от солнца.

Приведем же теперь средние расстояния планет от солнца и времена полных оборотов планет вокруг солнца, вычисленные на основании третьего закона Кеплера. Как определяются расстояния планет от солнца, об этом уже

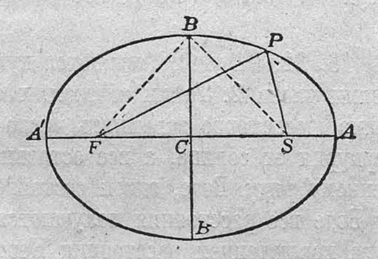


Рис. 42. Эллипс.

было дано понятие в главе о солнце, в § 13. Именно на основании теоретических исследований относительно движений всех планет мы можем построить модель планетной системы, и затем, если будет определено из наблюдений расстояние от земли до солнца, то расстояние всех остальных планет от солнца может быть вычислено по этой модели. При этом необходимо иметь в виду, что среднее расстояние от земли до солнца в астрономии обыкновенно принимается за единицу расстояний. В этой единице расстояния всех остальных планет от солнца представляются следующими числами:

Меркурий	0,4
Венера	0,7
Земля	1,0
Марс	1,5
Юпитер	5.2
Сатурн	9,5
Уран	19,2
Нептун	30,1

Для лучшего запоминания этих растояний можно воспользоваться следующим рядом, носящим название ряда Боде:

Меркурий		0,4
Венера	0,4 + (0,3 × 1) =	0,7
Земля	0,4 + (0,3 × 2) =	1,0
Марс	0,4 + (0,3 × 4) =	1,6
	0,4 + (0,3 × 8) =	2,8
Юпитер	0,4 + (0,3 × 16) =	5,2
Сатурн	0,4 + (0,3 × 32) =	10,0
Уран	0,4 + (0,3 × 64) =	19,6
Нептун	0,4 + (0,3 × 128) =	38,8

Числа 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128 являются нулевой, первой, второй, третьей и т. д. степенями числа 2. Таким образом, чтобы знать расстояние любой планеты от солнца, достаточно запомнить число 0,4, представляющее среднее расстояние Меркурия от солнца, а все остальные расстояния, получатся по вышеприведенному ряду Боде, закон составления членов которого весьма прост. По ряду Боде все расстояния получаются с весьма удовлетворительною точностью за исключением расстояния Нептуна от солнца. Надо помнить, что этот ряд не представляет собою какого-нибудь закона природы, а есть лишь простое правило для запоминания.

В ряде Боде нет планеты, соответствующей числу 2,8. Приблизительно на таком среднем расстоянии обращается вокруг солнца целый рой маленьких телец, называемых астероидами (см. § 38).

Времена полных оборотов планет вокруг солнца на основании третьего закона Кеплера выражаются следующими числами:

Меркурий	88,0	суток
Венера	224,7	»
Земля	365,25	» или один год
Марс	687,0	» » около 2 лет
Юпитер	4 332,6	» » » 12 лет
Сатурн	10 759,2	» » » 29½ лет
Уран	30 688,5	» » 84 года
Нептун	60 186,6	» » 165 лет

Сам Кеплер, как мы видели, вывел свои законы из наблюдений. Однако, впоследствии, когда был открыт Ньютоном закон всемирного тяготения, законы Кеплера были выведены также теоретическим путем, и притом в более общем виде, чем они были получены самим Кеплером. По закону Ньютона каждые два тела, каждые две частицы взаимно притягивают друг друга, и это притяжение тем больше, чем меньше расстояние между телами или частицами,

именно оно обратно пропорционально квадрату расстояния между ними, так что если расстояние увеличилось в два раза, то притяжение должно уменьшиться в четыре раза. Кроме того, это притяжение зависит также от природы и веса притягивающихся тел. Например, если мы имеем два тела одной и той-же природы, и одно из них весит в два раза больше, чем другое, то и притяжение первого тела будет в два раза больше, чем второго. Второй закон Кеплера, выведенный теоретическим путем из закона Ньютона, дает более общие результаты, и на основании этого обобщенного закона небесные тела не только могут двигаться вокруг солнца по замкнутым эллиптическим кривым, но их пути могут представлять также кривые, состоящие из одной ветви, уходящей в бесконечность. Такая кривая может быть получена из

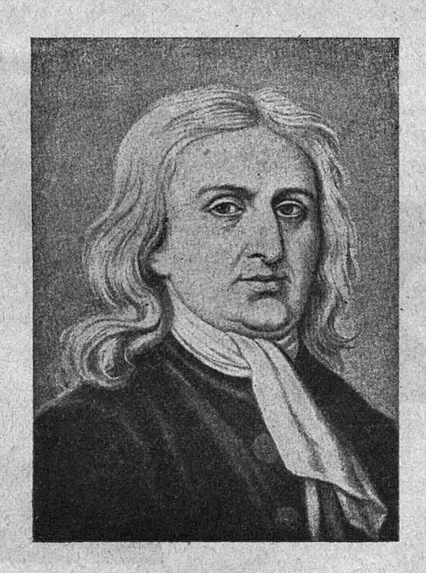


Рис. 43. Исаак Ньютон.

эллиптической при все большем и большем ее вытягивании до тех пор, пока, наконец, ее центр и фокус, не занятый солнцем, не удалятся в бесконечность. Такая кривая называется «параболической». Двигаясь по параболическим кривым, небесные тела приходят из далекого мирового пространства, огибают солнце и снова удаляются с тем, чтобы больше не возвращаться. По параболическим кривым могут двигаться исключительно кометы, о которых речь будет впереди, при чем некоторые из них движутся, как и планеты, по эллиптическим кривым, но только гораздо более вытянутым.

§ 36. Меркурий и Венера.

Меркурий и Венера, как мы знаем, относятся к нижним планетам. Мы уже видели, что нижние планеты отличаются от верхних характером

своих видимых движений. Другое существенное отличие нижних планет от верхних заключается в том, что первые имеют совершенно такие-же фазы, как луна. Во время нижнего соединения с солнцем Меркурий и Венера совершенно невидимы, так как обращены к наблюдателю неосвещенной половиной. Незадолго до нижнего соединения и вскоре после него обе эти планеты представляются в виде узких серпов, при чем серп выпуклой стороной всегда бывает обращен к солнцу. В это время особенно красивую картину представляет Венера при наблюдении в небольшую трубу. Видимый поперечник планет около нижнего соединения представляется наибольшим. Около элонгации Меркурий и Венера имеют вид освещенных полукругов. Наконец, во время верхнего соединения к наблюдателю обращен полный освещенный диск пла-

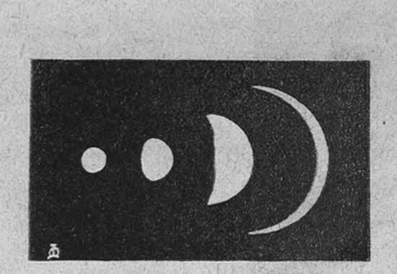


Рис. 44. Фазы Венеры.

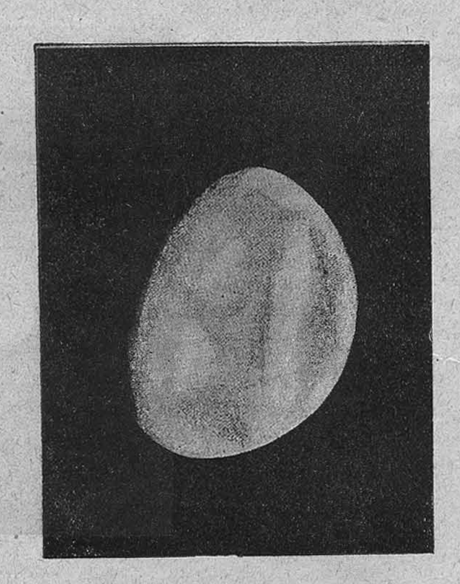


Рис. 45. Венера.

неты, но в этот момент как Меркурий, так и Венера исчезают в лучах солнца. Незадолго же до верхнего соединения и вскоре после него в астрономическую трубу их можно наблюдать ввиде полных дисков. Около верхнего соединения видимый поперечник представляется наименьшим. Наблюдения Меркурия, с целью изучения подробностей на его диске, чрезвычайно затруднены вследствие его близости к солнцу. Тем не менее некоторым наблюдателям удалось заметить на поверхности Меркурия пятна, которые более или менее продолжительное время сохраняли свою форму. Следя за этими пятнами, можно определить время вращения планеты вокруг оси, подобно тому как это делается для солнца. Рассмотрев большое число таких наблюдений, Скиапарелли вычислил, что Меркурий полный оборот вокруг оси совершает в 88 дней, т. е. в то же самое время, в течение которого он описывает полный оборот вокруг солнца. Подобным же образом может быть определено время полного оборота Венеры вокруг оси. Попытки такого определения делались неодно-

кратно, и обычно для времени обращения Венеры вокруг оси получался период около 24 часов. Лишь в 1890 году Скиапарелли, обработав большое число наблюдений над пятнами Венеры, пришел к заключению, что Венера совершает полный оборот вокруг оси в 225 дней, т. е. в то же самое время, в течение которого она описывает полный оборот вокруг солнца. Лишь в самое последнее время этот результат был опровергнут при помощи спектральных исследований на основании принципа Доплера-Физо.

Этот принцип состоит в следующем. Если источник света удаляется от нас или же приближается к нам, то вследствие такого его движения по лучу зрения длина световых волн для нашего глаза в первом случае увеличивается, а во втором уменьшается. Но известно, что длиною световых волн обусловливается цвет. Вследствие этого при удалении источника света его цвет должен более приближаться к красному, а при движении к нам к фиолетовому. Но что сказано выше о цвете, то относится, конечно, также и к спектральным линиям: при приближении к нам светящегося предмета, эти линии должны смещаться к фиолетовому концу спектра, а при удалении от нас наоборот к красному. Этим принципом можно воспользоваться для определения вращения небесных тел вокруг оси. При вращении небесных тел в направлении с запада через юг на восток, западный край от нас удаляется, а восточный, наоборот, к нам приближается. Поэтому, изучая спектры, как западного, так и восточного края, мы должны заметить смещения одних и тех же спектральных линий в спектре западного края к красному концу спектра, а в спектре восточного края к фиолетовому. На основании этих смещений можно определить сначала линейные скорости вращения, а затем и время полного оборота небесного тела вокруг оси. Все сказанное относится к самосветящемуся телу. Но с небольшими изменениями это применимо также и к телам, посылающим нам отраженный солнечный свет, каковыми являются планеты. Вращение Венеры вокруг оси на основании принципа Доплера-Физо было определено А. А. Белопольским в Пулкове, который получил для времени вращения короткий период около 16 часов. Этот результат до известной степени был подтвержден американскими астрономами.

Венера представляет нам еще одно интеересное явление, до сих пор не получившие удовлетворительного об'яснения. Именно вблизи нижнего соединения, когда Венера представляется ввиде узкого серпа, при наблюдении в телескоп, даже днем, и вся остальная часть диска Венеры представляется нам освещенной, но только очень слабым светом, называемым пепельным светом Венеры, по аналогии с пепельным светом луны. Однако, это явление не может быть об'яснено так, как оно об'ясняется для луны, и некоторые астрономы думают, что здесь дело идет о явлениях электрического характера.

Говоря о Меркурии и Венере, необходимо указать, что когда эти планеты находятся в нижнем соединении с солнцем, то при известных условиях они могут проектироваться непосредственно на солнечный диск, и тогда наблюдатель усматривает их ввиде темных кружечков на светлом диске солнца. Эти явления называются прохождениями Меркурия и еВнеры по солнечному диску. Прохождения Венеры относятся к явлениям чрезвычайно редким, прохождения же Меркурия наблюдаются значительно чаще.

В заключение укажем на размеры этих двух планет. Поперечник Меркурия содержит 4800 километров, и таким образом он приблизительно в три раза меньше поперечника земли, заключающего в себе 12,755 километров. Венера же по своим размерам очень близка к земле, именно ее поперечник равен 12,100 км.

Наконец, необходимо отметить, что ни Меркурий, ни Венера вовсе не имеют спутников.

§ 37. Марс.

Из всех планет солнечной системы Марс изучен наиболее подробно, и он, несомненно, представляет большой интерес благодаря тем подробностям, которые наблюдаются на его поверхности. Поперечник Марса равен

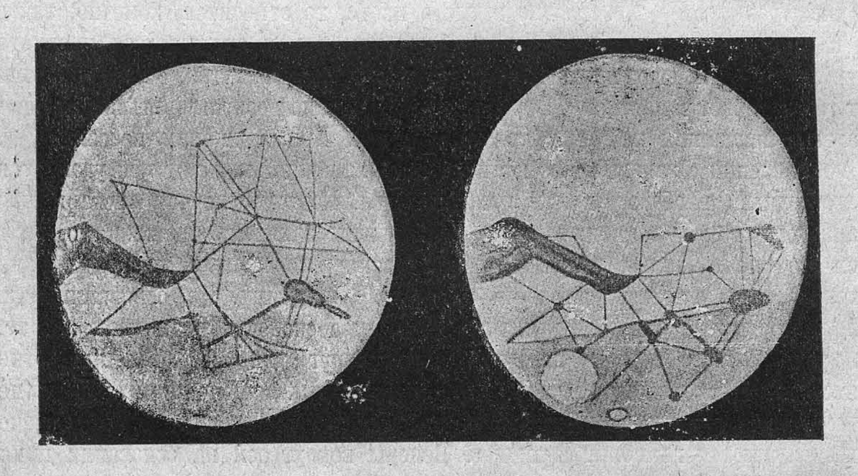


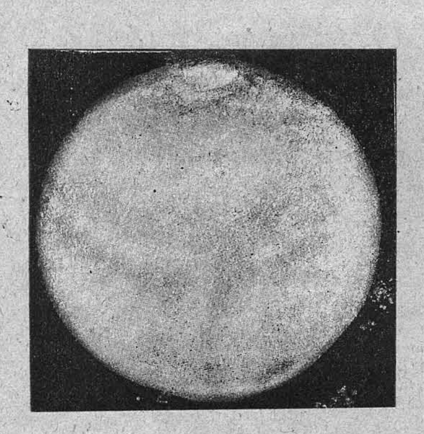
Рис. 46. Ущерб Марса.

6770 километрам, т. е. он приблизительно в два раза меньше поперечника земли. Марс есть первая из верхних планет. Верхние планеты вообще не имеют фаз, и только у Марса, когда он находится в квадратурах с солнцем, можно заметить небольшой ущерб, т. е. он в это время представляется ввиде не совсем полного диска. Марс также, как Меркурий и Венера, принадлежат к числу ярких звезд. От других планет он отличается своим красноватым цветом, и по этому признаку его часто бывает легко отыскать на небе. Эта особенность зависит, вероятно, от состава поверхности самой планеты.

Наблюдения над поверхностью Марса обнаруживают на нем значительное число различных пятен. Замечательно, что, в противоположность Меркурию и Венере, пятна на поверхности Марса постоянно сохраняют свою форму и взамное расположение. Это об'ясняется тем, что на Меркурии и Венере мы наблюдаем какие-то образования в атмосфере этих планет, которые не могут оставаться постоянными в течение продолжительного промежутка времени; Марс же, повидимому, обладает достаточно разреженной

атмосферой, и мы видим различные очертания на самой поверхности Марса. Наблюдения показывают, что пятна, усматриваемые на поверхности Марса, равномерно передвигаются по диску планеты. Это явление, несомненно, обусловливается вращением Марса вокруг оси. Благодаря постоянству пятен на поверхности Марса, время вращения этой планеты вокруг оси удалось определить с очень большою точностью. Для периода вращения Марса вокруг оси, на основании многочисленных весьма точных наблюдений, следует принять 24 часа 37 минут 28,65 секунд.

Перейдем теперь к изучению поверхности Марса. Весьма характерными образованиями на его поверхности являются так называемые «полярные шапки», т. е. блестящие белые пятна довольно неправильной формы, расположенные у полюсов. Эти пятна видны и в небольшие телескопы, и потому



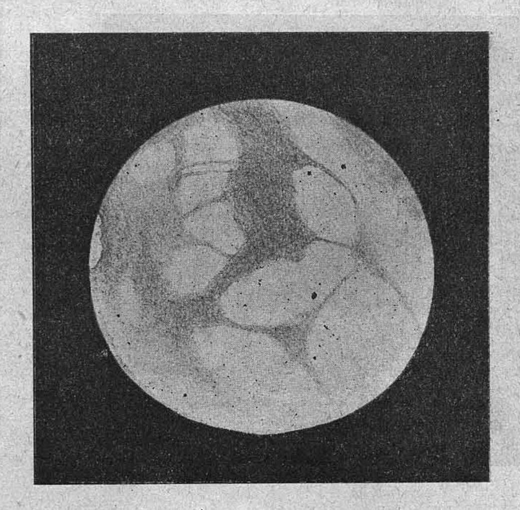


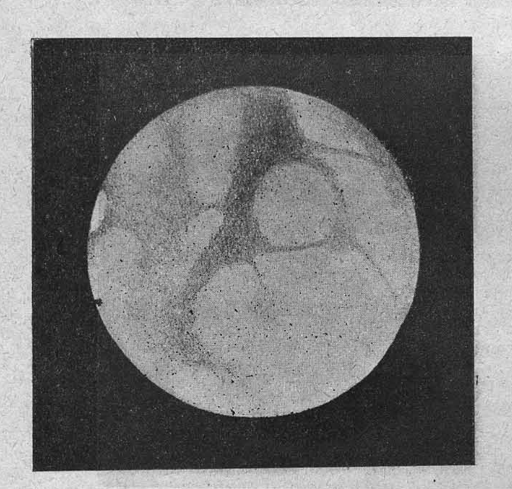
Рис. 47. Полярные шапки Марса.

они были открыты уже в начале XVIII века астрономом Маральди. Протяжения полярных шапок не постоянны и изменяются в зависимости от времен года на Марсе, при чем наибольшей величины каждая из них достигает к концу зимы в соответствующем полушарии. Протяжение полярных шапок меняется от едва заметного образования до пятна в 2400 километров в поперечнике. Очертания шапок бывают не резки и часто зазубрены.

Кроме полярных шапок на поверхности Марса еще наблюдаются с одной стороны светлые пятна желтого и оранжевого цвета, с другой более темные места зеленоватого оттенка. Светлые пятна принято называть материками, темные места—морями. Но при этом не следует думать, что темные пятна и в действительности представляют собою водные вместилища, а светлые сушу. Материки занимают значительно большую часть поверхности Марса, чем моря.

Но самыми интересными и загадочными образованиями на Марсе

являются каналы, открытые астрономом Скиапарелли в 1877 году. И в этом случае название является лишь условным, ему не следует придавать никакого реального значения. Некоторые из каналов были замечены еще раньше Медлером и Довесом, но на них не было обращено надлежащего внимания. Каналы представляют собою узкие полосы, несколько светлее морей. Они перерезывают материки и всегда доходят до моря или до другого канала. Прекращение канала среди суши никогда не наблюдалось. Каналы нередко пересекаются в одной точке и образуют небольшое пятно, называемое озером. Большею частью каналы прямолинейны. В настоящее время известно весьма большое число каналов. Следует, однако, заметить, что одновременно бывают видны не все каналы, а лишь очень немногие из них. Вообще каналы при-



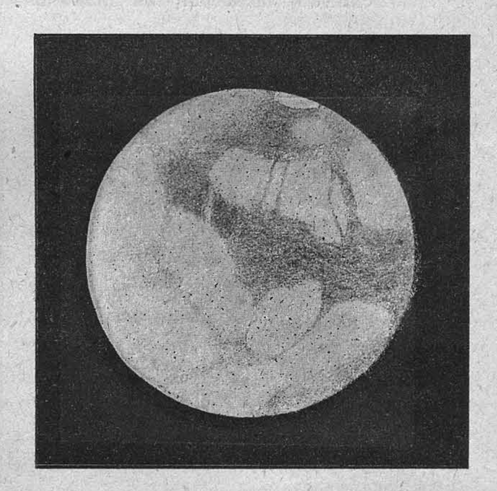


Рис. 48. Марс и его каналы.

надлежат к образованиям, доступным для наблюдений лишь в большие телескопы при особенно благоприятных атмосферных условиях. Длина каналов очень различна: одни имеют всего 600 километров длины, другие достигают 5000 километров. Ширина их небольшая, обыкновенно от 30 до 40 километров. Наиболее трудно об'яснимым явлением следует признать раздвоение каналов. Такое раздвоение происходит обыкновенно весьма быстро, часто в течение нескольких часов. При этом каналы на всем своем протяжении разделяются на две параллельные полосы. Иногда одна из полос совпадает с прежним положением канала, а другая находится несколько в стороне от нее. Но чаще бывает так, что обе полосы смещаются в разные стороны относительно прежнего канала. Расстояние этих полос друг от друга бывает также весьма различно. Оно может достигать до 600, а иногда даже до 900 километров. Пространство между двумя параллельными каналами имеет обыкновенно желтую окраску. Повидимому, раздвоение каналов связано с временами года и совпадает с весной и осенью в данном полушарии.

Об'яснение явлений, наблюдаемых на Марсе, представляет весьма большие трудности. Достаточно указать на то, что некоторые астрономы самое явление каналов считали за оптический обман. Но с этим едва ли

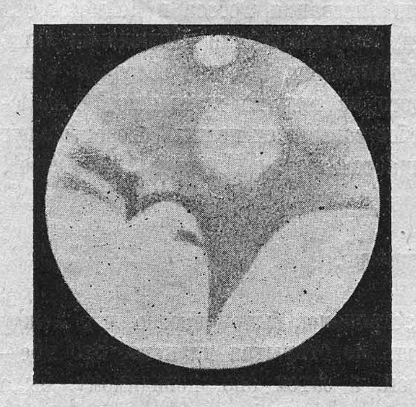
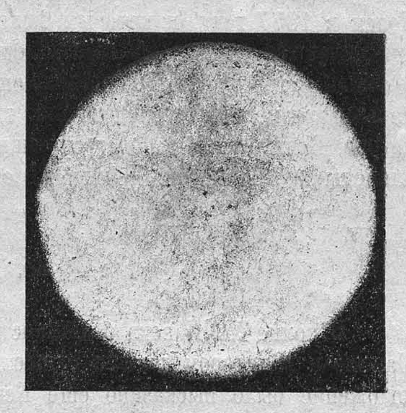



Рис. 49. Марс.

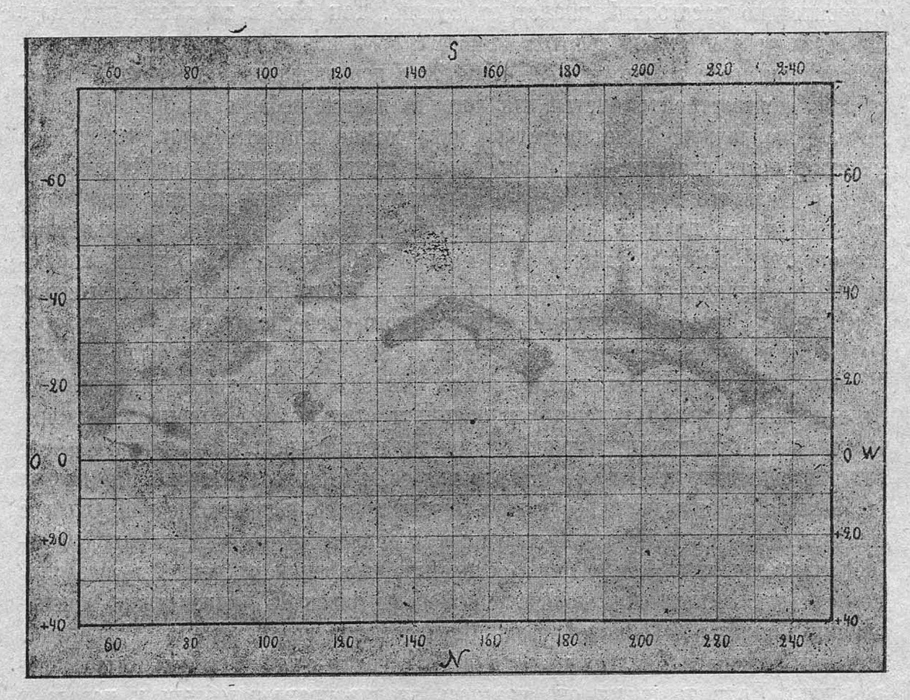


Рис. 50. Карта Марса.

можно согласиться, так как в новейшее время некоторые из каналов удалось даже сфотографировать. Таким образом, существование некоторых каналов находится вне всякого сомнения. Но что они представляют собою, а также каким образом можно об'яснить их раздвоение, равно как и некоторые другие

явления на Марсе, все эти вопросы, повидимому, еще недостаточно выяснены, и пока еще их можно считать открытыми.

Планета Марс обладает двумя спутниками, которые были открыты Холем в 1877 году, и которым были даны названия Фобоса и Деймоса. Оба сни являются очень слабыми звездочками, доступными для наблюдений лишь в сильные телескопы или при помощи фотографии. Оба они обладают очень малыми размерами, и поперечник каждого из них не превышает 8 километров. Ближайший к Марсу спутник Фобос совершает полный оборот вокруг планеты в 7,65 часов; Деймос же обращается вокруг Марса в 30,25 часов.

§ 38. Астероиды.

В конце XVIII века большинство астрономов было уверено, что между Марсом и Юпитером должна существовать не открытая планета. Это предположение было высказано еще Кеплером, а затем оно, повидимому, было подтверждено в 1772 году астрономом Боде на основании указанного им закона относительно расстояний планет от солнца. Так как в то время ряд Боде считался действительно законом природы, то в конце концов на астрономическом конгрессе в Готе в 1796 году было постановлено приступить к отысканию неизвестной планеты, для чего та полоса неба, в которой по предположению должна была двигаться неизвестная планета, была разбита на участки, и эти участки были распределены между различными наблюдателями для тщательного изучения. Однако, прежде чем начатые поиски увенчались успехом, новая планета была открыта совершенно случайно итальянским астрономом Пиацци в Палермо 1-го января 1801 года. После первых наблюдений эта планета была потеряна из виду, и лишь благодаря теоретическим изысканиям Гаусса о движении этого нового небесного тела ее удалось Ольберсу вторично отыскать 1-го января 1802 года. Планета была названа Церерой. Таким образом пробел между Марсом и Юпитером представился заполненным. Однако, вскоре астрономы встретились с некоторыми затруднениями и недоумениями. Именно, в том-же году три месяца спустя Ольберс открыл еще одну планету в той-же полосе неба, что и первую. Он назвал ее Палладой. Ввиду наличности двух планет вместо ожидаемой одной, Ольберс предположил, что Церера и Паллада представляют собою осколки одной большой планеты, тем более, что на основании измерений их размеры оказались незначительными, именно поперечник Цереры равен 857 километрам, а поперечник Паллады 662 километрам. Впоследствии предположение Ольберса о том, что Церера и Паллада представляют осколки одной планеты, было опровергнуто. Но в то время оно казалось вполне правдоподобным и повело к отысканию новых планет. Таким образом, одна за другой были открыты Юнона в 1804 году и Веста в 1807 году. Но дальнийшие поиски Ольберса не давали результатов, и до 1845 года число известных планет между Марсом и Юпитером ограничивалось четырьмя. С этого же времени, после открытия Астреи любителем Генке, наблюдатели снова занялись отысканием астероидов, как были названы эти планеты, расположенные между Марсом и Юпитером.

С целью облегчения отыскания астероидов были составлены подробные звездные карты тех участков неба, где надлежало искать эти новые небесные тела. После этого число ежегодно открываемых новых планет значительно возрасло, и при большом количестве новых открытий иногда случалось, что один и тот-же астероид в одну ночь открывался двумя наблюдателями независимо друг от друга. С другой стороны, иногда одному наблюдателю выпадала удача в одну ночь открыть два астероида, или, как их иначе называют, две малых планеты. В виду многочисленности открываемых астероидов для их обозначения употреблялся порядковый номер по времени открытия, и этот номер заключался в кружечек. Кроме того, каждой планете давалось также и собственное имя, для чего по большей части пользовались женскими именами, заимствованными из мифологии или характеризующими условия, при которых была открыта планета. Так, для первых двух планет употребляются или собственные имена Цереры и Паллады, или обозначения ①, ②; сто тридцать шестая планета называется Австрией или обозначается знаком (316) и т. п. До 1890 года малые планеты открывались исключительно помощью визуальных наблюдений. А с 1891 года был применен к их отысканию еще и другой способ, именно фотографический. Новый способ оказался очень удобным, и благодаря ему число вновь открываемых новых планет значительно увеличилось, а главное—сделалось возможным открывать все более слабые астероиды. В настоящее время известно уже около 900 астероидов, и все они принадлежат к очень слабым телескопическим звездочкам. По своим размерам астероиды представляют собою, в полном смысле слова, крошечные небесные тела: очень многие из них обладают поперечником, не превышающим нескольких десятков километров. Относительно происхождения малых планет наиболее правдоподобным является предположение, что могущественное влияние самой большой из планет солнечной системы—Юпитера, находящегося вблизи пояса малых планет, помешало образованию в этом месте одной большой планеты, и таким образом вместо нее появился рой этих малых небесных телец.

§ 39. Юпитер.

Юпитер является самой большой из всех планет. Линейный его поперечник равен 143,760 километрам, следовательно он в 11 раз больше поперечника земли. Точно также Юпитер обладает весьма могущественным притяжением, и если бы в нашей планетной системе не существовало солнца, то он мог бы сделаться центральным, главным телом этой системы. Вследствие значительных размеров Юпитера, несмотря на его большое расстояние от земли, его видимый поперечник больше видимого поперечника Венеры, при чем наибольшей величины он достигает, как это вообще имеет место для верхних планет, во время противостояния планеты с солнцем, когда он усматривается с земли под углом в 51 секунду. Наименьшего значения видимый поперечник верхних планет достигает во время их соединения с солнцем, и для Юпитера в это время он усматривается всего только под углом в 31 се-

кунду. Благодаря своим большим размерам, Юпитер по своей яркости является второй планетой после Венеры и, подобно ей, во время своей видимости бывает в полном смысле слова украшением звездного неба. Наблюдения пока-

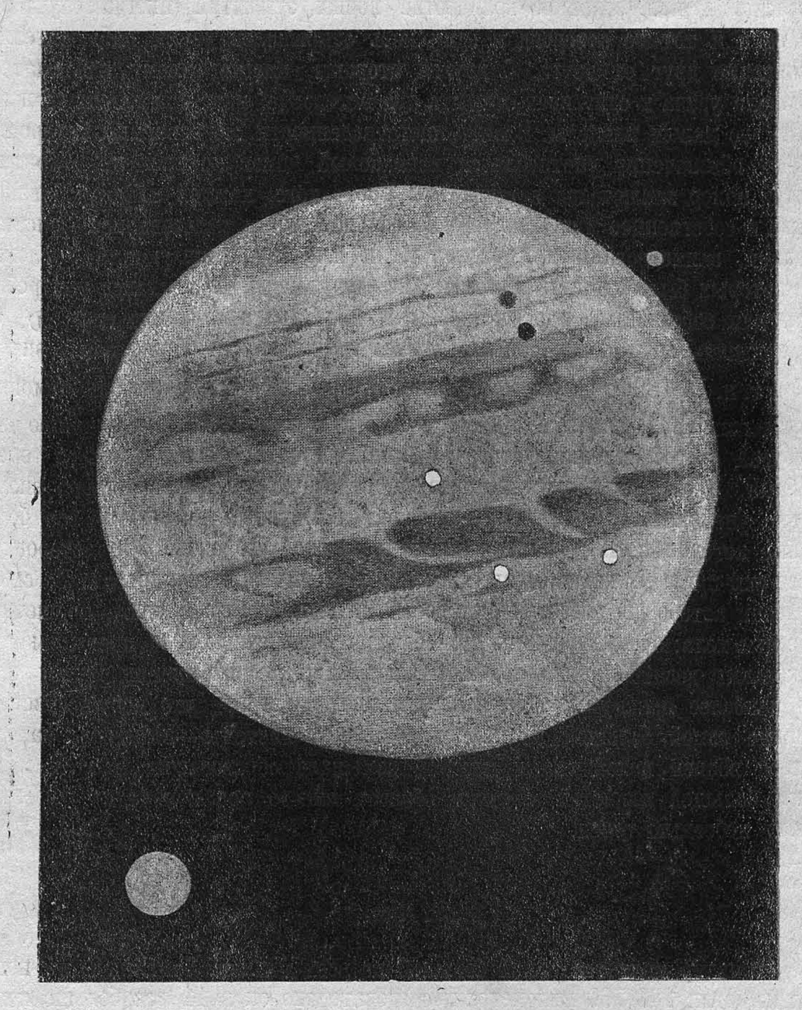


Рис. 51. Юпитер. На диск планеты проектируется спутник в виде сероватого кружечка и его тень в виде черного кружечка. Внизу налево для сравнения изображена земля.

зывают, что Юпитер окружен довольно плотной атмосферой. Это прежде всего доказывается спектральными наблюдениями. Вообще планеты, как тела темные, лишь отражающие солнечный свет, обладают спектром, совершенно сходным с солнечным спектром. Но если планета окружена плотной атмосферой, то в этой атмосфере может произойти поглощение некоторых цветовых оттенков солнечного света, упавшего на планету, и тогда в спектре планеты появляются новые по сравнению с солнечным спектром линии погло-

щения или усиливаются темные линии, уже существующие в этом спектре. В спектре Юпитера, кроме усиления теллурических линий, принадлежащих водяным парам, замечается еще интенсивная и широкая темная полоса, составляющая типичную особенность всех внешних планет. Середина этой полосы имеет длину волны, равную 618 микромикронам, для которой на земле не найдено соответствующего газа. Таким образом в состав атмосферы Юпитера входит какое-то, пока неизвестное у нас на земле вещество.

На поверхности Юпитера наблюдаются различного рода пятна, очертания которых обладают малым постоянством. Это об'ясняется именно тем, что мы наблюдаем не самую поверхность Юпитера, а только его атмосферу. Наиболее постоянными и характерными образованиями являются видимые уже в небольшие трубы полосы в экваториальной части планеты, при чем

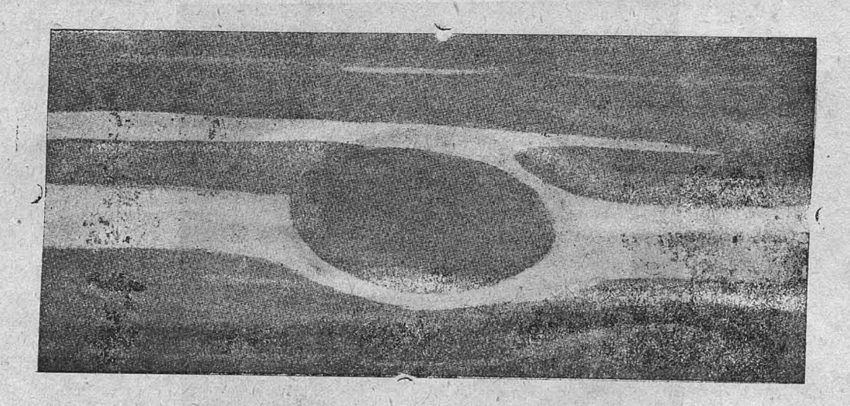


Рис. 52. Красное пятно Юпитера.

надо помнить, что плоскостью экватора Юпитера, как и вообще всякого вращающегося вокруг оси тела, называется плоскость, проходящая через его центр и перпендикулярная к оси вращения. Подобные же полосы встречаются также и в других частях диска Юпитера, но там они менее интенсивны. Система главных полос состоит обыкновенно из двух темных поясов, расположенных параллельно экватору планеты по обе стороны от него. Промежуток между ними, составляющий приблизительно одну пятнадцатую часть поперечника Юпитера, окрашен в желтый, слегка красноватый цвет. Внутренние края полос обыкновенно более резко очерчены и прямолинейны, внешние же края часто неясны, зазубрены и образуют ряд углублений и выступов. Полосы меняют свой вид, вообще говоря, постепенно, иногда же эти изменения происходят быстро, всего в течение нескольких дней. При этом обе темные полосы меняют свой вид одновременно, именно они обыкновенно сразу или расширяются, или суживаются. Иногда даже приходилось наблюдать соединение этих полос в одну. Цвет их также меняется, но не одинаково для обоих полос: в то время как одна полоса становится более голубой, цвет другой полосы приближается к красному. Эти изменения цвета имеют периодический

характер. По обе стороны от широких экваториальных полос наблюдаются более слабые полосы, отделенные друг от друга блестящими промежутками.

Особенно интересным образованием на поверхности Юпитера является большое красное пятно, замеченное уже в 1864 году астрономом Кассини на нижней границе темной экваториальной полосы в южном полушарии. Это пятно имеет форму вытянутого овала, наибольшее протяжение которого параллельно экватору. Оно окружено ярким белым кольцом. Размеры пятна очень значительны и достигают четверти поперечника планеты. Интенсивность окраски с течением времени меняется, и пятно становится по временам настолько бледным, что делается едва заметным. Этим явлением можно об'яснить то, что после наблюдений Кассини пятно исчезло более, чем на

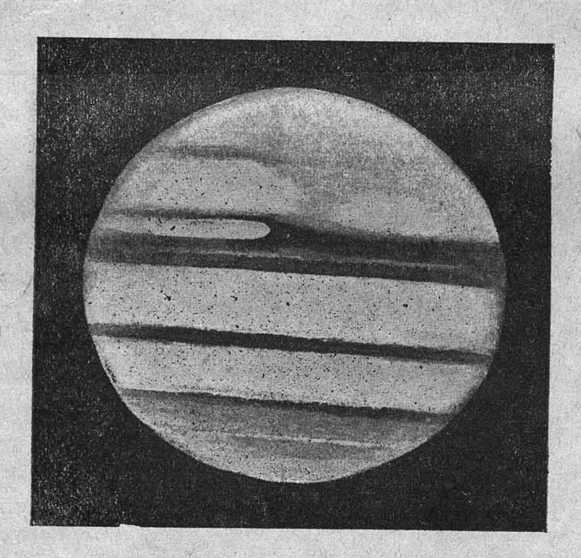


Рис. 53. Юпитер.

150 лет, и было вновь открыто в 1878 году. Вероятно, оно в этот период было настолько слабым, что в несовершенные трубы того времени его не удавалось заметить.

Кроме этих характерных особенностей на поверхности Юпитера наблюдается много других образований, иногда светлых, иногда темных, носящих общее название пятен. По своим размерам эти пятна бывают сравнимы с землей, иногда даже превосходят ее. Пятна эти, вообще говоря, непостоянны, но некоторые из них могут быть наблюдаемы в течение нескольких лет без значительных изменений. Такие пятна могут служить для определения времени вращения планеты вокруг оси. Оказалось, что между Юпитером и солнцем в этом отношени существует некоторое сходство. Именно, время вращения вокруг оси в различных поясах поверхности Юпитера не одинаково, и скорость вращения уменьшается по мере удаления от экватора. Таким образом, Юпитер, подобно солнцу, вращается не как твердое тело, хотя для этой пла-

неты закон изменения скоростей не так резко выражен, как для солнца, и не может быть прослежен на протяжении всей поверхности Юпитера. Из многочисленных наблюдений над пятнами для времени вращения Юпитера на экваторе получено 9 часов 50 минут. В некотором удалении от экватора период вращения оказывается равным 9 часам 55 минутам. Такая значительная скорость вращения Юпитера должна обусловливать большое сжатие планеты. Известно, что всякое вращающееся, жидкое или еще не вполне отвердевшее тело, имевшее первоначально точную форму шара, сплющивается при полюсах, и поперечник, соединяющий полюсы, оказывается вследствие этого короче, чем экваториальный поперечник. Разность между экваториальным и полярным поперечниками, разделенная на величину экваториального поперечника, и называется сжатием тела. Для Юпитера сжатие заметно при наблюдении глазом даже в небольшую трубу: оно выражается дробью $^1/_{14}$.

Юпитер имеет сходство с солнцем и в некоторых других отношениях. На основании наблюдений можно, пожалуй, предполагать, что Юпитер не только посылает нам отраженный солнечный свет, но отчасти, хотя и в слабой степени, светится собственным светом. Кроме того, благодаря значительному числу спутников, окружающих планету, система Юпитера в миниатюре вполне напоминает солнечную систему.

Перейдем же теперь к рассмотрению спутников Юпитера. Юпитер окружен 9 спутниками. Из них 4 обладают настолько значительными размерами, что, если бы не мешало соседство такой яркой планеты, как Юпитер, то их можно было бы легко видеть невооруженным глазом. Эти 4 спутника были открыты Галилеем в 1610 году при первых его работах с вновь изобретенной им астрономической трубой. В приложенной таблице даются размеры этих спутников и времена их полных оборотов при движении вокруг Юпитера.

Спутник.	Поперечник в километрах.	Время оборота.
1	3878	1 с. 18,5 час.
2	3150	3 „ 12 „
3	5847	7 „ 3,75 „
4	5225	16 „ 16,5 „

Таким образом размеры спутников Юпитера довольно значительны. Первый спутник по своим размерам приближается к луне. Наибольшим из всех спутников является третий. Однако, изучение поверхности спутников вследствие близости планеты чрезвычайно затруднено, и в этом отношении до сих пор не получено никаких определенных результатов.

Все 4 Галилеевы спутника не всегда бывают видны сразу. В зависимости от положения каждого из них на своем пути вокруг планеты число видимых в данный момент спутников меняется. Иногда даже случается, что Юпитер представляется совершенно не имеющим спутников. Это происходит

вследствие того, что спутники, двигаясь по своим путям, или попадают в тень, отбрасываемую Юпитером в сторону противоположную солнцу, или же, находясь между наблюдателем и Юпитером, проектируются на его поверхности и, следовательно, проходят по его диску, или, наконец, скрываются за поверхностью Юпитера, когда последний располагается между наблюдателем и соответственным спутником. Первое из указанных явлений часто происходит на более или менее значительном расстоянии от края диска планеты и называется затмением спутника. Во время прохождения спутника по диску Юпитера наблюдается довольно интересное явление. Именно самый спутник может быть наблюдаем в телескоп в виде сероватого круглого пятнышка, а в некотором расстоянии от него может быть замечен черный кружечек, представляющий собою тень, отбрасываемую спутником на диск планеты (рис. 51).

В последнее время система Юпитера обогатилась пятью новыми спутниками. Все они представляют собою очень слабые, телескопические звездочки и могут быть наблюдаемы лишь в очень сильные телескопы или, еще лучше, при помощи фотографии. Пятый спутник был открыт Барнардом на Ликской Обсерватории в Америке в 1892 году. Поперечник его приблизительно равняется 50 километрам. Этот спутник является ближайшим к планете. 12 лет спустя после открытия пятого спутника, при помощи фотографии на той-же Ликской Обсерватории были найдены один за другим, с промежутком в один год, еще 2 спутника, шестой и седьмой. В противоположность пятому спутнику они являются внешними телами по отношению к системе Галилеевых спутников. Восьмой спутник был открыт 27 января 1908 года, а девятый летом 1914 года.

§ 40. Сатурн.

Сатурн при наблюдениях в астрономическую трубу представляется самой красивой планетой в нашей солнечной системе, благодаря его отличительной особенности, состоящей в том, что он окружен несколькими блестящими кольцами. Все кольца расположены в одной плоскости, почти совпадающей с плоскостью экватора планеты.

По своим размерам Сатурн лишь немного уступает Юпитеру. Его линейный поперечник составляет 123 600 километров, и таким образом он приблизительно в 10 раз больше поперечника земли. Угол, под которым усматривается поперечник Сатурна при различных его расположениях относительно солнца и земли, меняется немного, и это об'ясняется значительным удалением Сатурна от земли. И вообще, чем дальше планета находится от земли, тем меньше становятся эти изменения, так что видимый поперечник планеты, в конце концов, стремится к постоянной величине при различных положениях планеты. На поверхности Сатурна удавалось наблюдать некоторые пятна. Экваториальный пояс представляется наиболее яркой частью всей поверхности планеты и окрашен в желтоватый однородный цвет. Между экватором и полюсами наблюдается несколько светлых полос, не особенно ярких, разделенных сравнительно темными промежутками. Полярные области

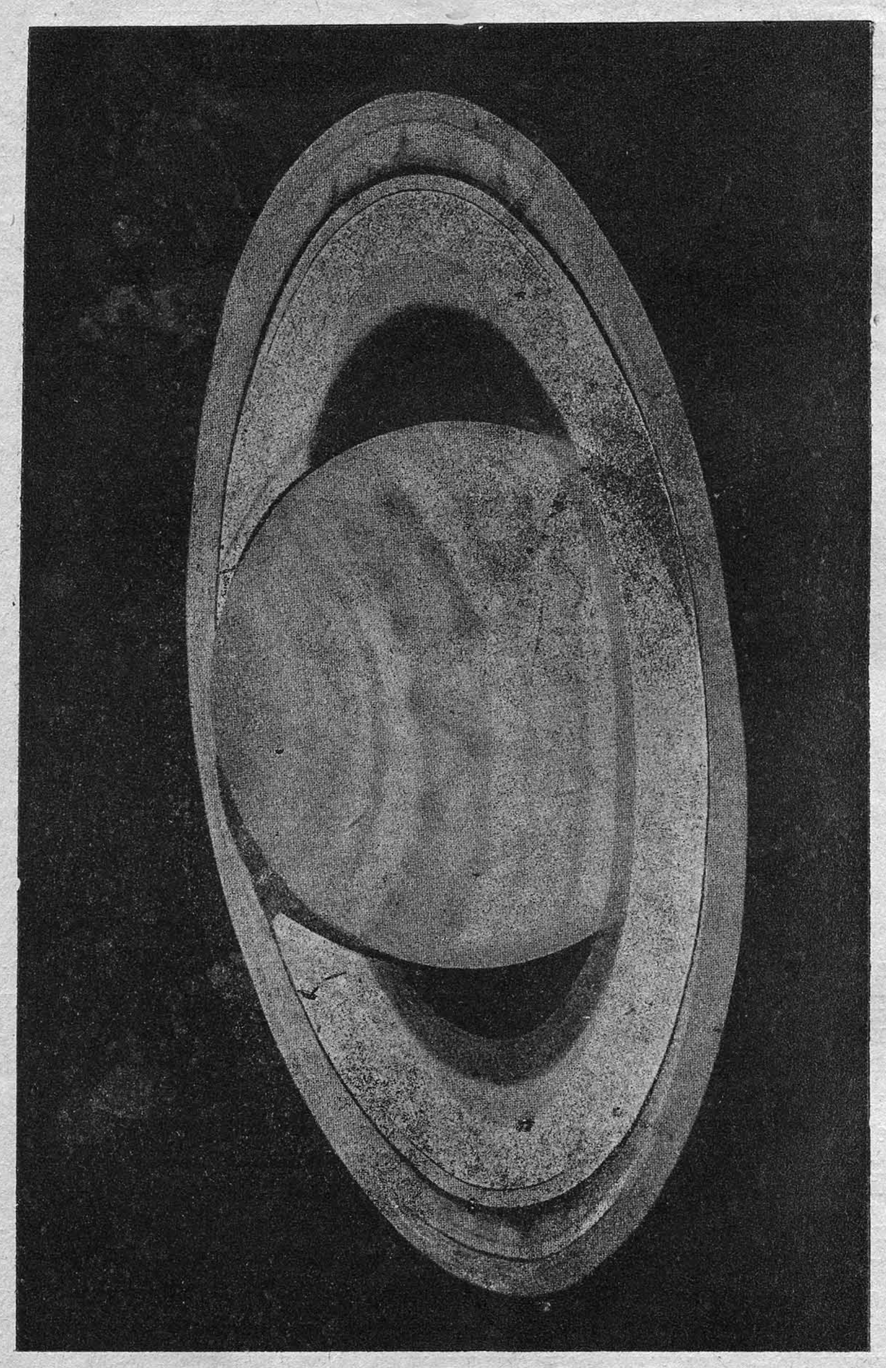


Рис. 54. Сатурн и его кольца.

представляются наиболее темными на всем диске. Вообще Сатурн в этом отношении сходен с Юпитером, хотя его поверхность и представляет менее

разнообразия. Все полосы, за исключением экваториальной зоны, постоянно меняют свой вид. Из наблюдений над более постоянными пятнами удалось определить время вращения планеты вокруг оси, которое для экваториальных частей Сатурна оказалось равным 10 час. 13 мин. Для Сатурна так же. как и для Юпитера, повидимому, получается замедление вращения по мере удаления от экватора. Быстрое вращение Сатурна вокруг оси вызывает значительное сжатие его поверхности, равное $^{1}/_{11}$. Как визуальные, так и спектральные наблюдения обнаруживают у Сатурна существование плотной атмосферы, в состав которой между прочим входит неизвестный газ, име-

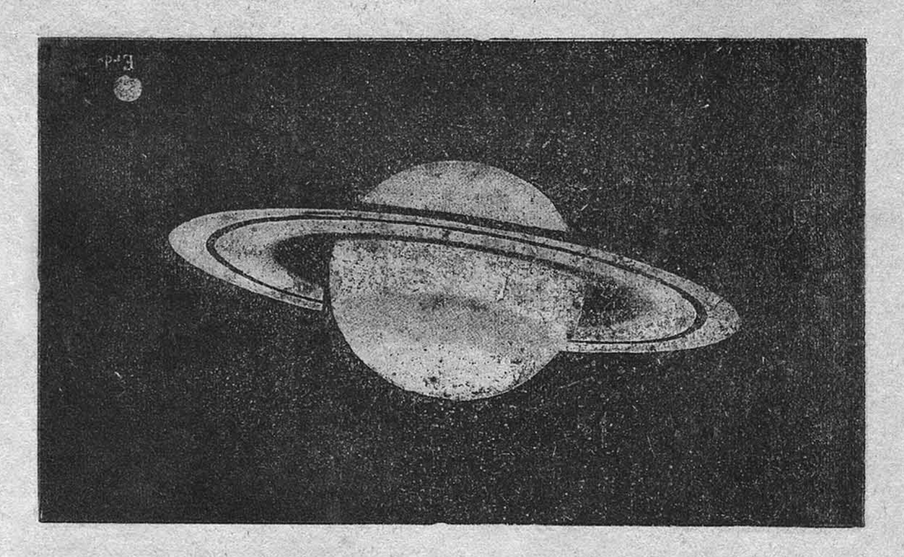


Рис. 55. Сатурн.

ющийся также в атмосфере Юпитера и характеризующийся полосой поглощения в красном цвете. Кроме того, за самое последнее время было открыто присутствие свободного водорода на поверхности Сатурна.

Наиболее интересною особенностью Сатурна является система его колец. Уже в 1775 году Кассини заметил, что кольцо Сатурна разделено на две части, яркую внутреннюю и менее яркую внешнюю. В промежуток между этими двумя кольцами, названный делением Кассини, удавалось при благоприятных обстоятельствах видеть поверхность планеты. Таким образом не остается сомнения, что деление Кассини является действительно промежутком, а не более темным кольцом. При дальнейших наблюдениях над кольцами были найдены также и другие деления, иногда довольно заметные, как, например, деление, замеченное астрономом Энке, иногда же очень тонкие. В половине XIX столетия Бонд открыл около Сатурна третье кольцо, расположенное внутри двух первых и значительно уступающее им по яркости. Внешний край этого кольца, повидимому, непосредственно прилегает к внутреннему краю яркого кольца, и между ними нет промежутка. Характерную

особенность этого кольца составляет его прозрачность. Тогда как остальные кольца Сатурна состоят, повидимому, из плотных масс и даже отбрасывают тень на планету, сквозь кольцо Бонда можно видеть поверхность Сатурна, как это было замечено Барнардом на Ликской обсерватории.

Нужно заметить, что ширина темных полос, разделяющих блестящие кольца, очень непостоянна за исключением деления Кассини. Даже полоса Энке, самая заметная из них после деления Кассини, иногда совершенно исчезает.

Что касается строения колец, то можно считать вполне доказанным, что они состоят из отдельных твердых частичек, из мельчайших спутников,

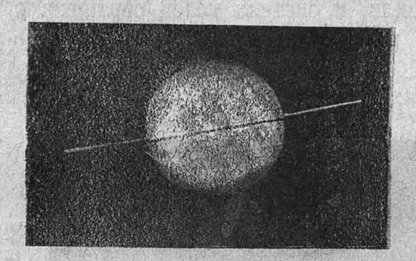
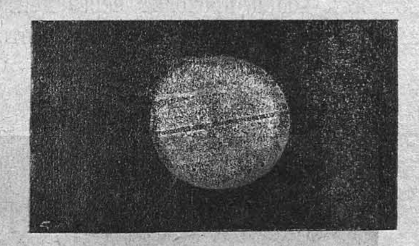



Рис. 56. Сатурн в момент прохождения плоскости колец через центр солнца и через центр земли.

отделенных друг от друга значительным расстоянием, сравнительно с их размерами. Только такого рода строение колец может обусловливать их равновесие, и всякое твердое или жидкое кольцо, как это доказано теоретическими исследованиями, не могло бы продержаться в таком положении и немедленно распалось бы. Метеоритное же строение колец, т. е. строение из мельчайших частичек, вполне подтверждается и законом их вращения, для которого три наблюдателя, Белопольский, Деландр и Килер, при помощи спектрального анализа на основании принципа Доплера-Физо получили очень близкие друг к другу результаты. В нижеследующей таблице даны скорости вращения в километрах для экватора планеты, для внутреннего края кольца и для внешнего его края:

	Белопольский.	Деландр.	Килер.
Экватор	9,4	9,4	10,3
Внутренн. край кольца.	21,0	20,1	20,0
Внешний край кольца .	15,5	15,4	16,4

Таким образом оказывается, что внутренний край кольца вращается быстрее внешнего. Между тем, если бы кольца Сатурна представляли собой

твердую массу, то линейная скорость внешнего края должна была бы быть больше скорости внутреннего. Для спутников же скорость на основании третьего закона Кеплера убывает по мере их удаления от планеты. Найденные скорости различных частей колец вполне соответствуют тем скоростям, которые должны были бы иметь находящиеся на соответствующих местах спутники. Таким образом строение колец из мельчайших отдельных частиц, иначе говоря метеоритное их строение, вполне доказано.

Кольца Сатурна в зависимости от относительных положений этой планеты, земли и солнца значительно меняют свой вид, и бывают моменты, когда они совершенно исчезают для наблюдателя. Это происходит тогда, когда плоскость колец проходит через центр земли, и система колец обращена к нам своим краем, своим ребром, которое в это время не бывает освещено

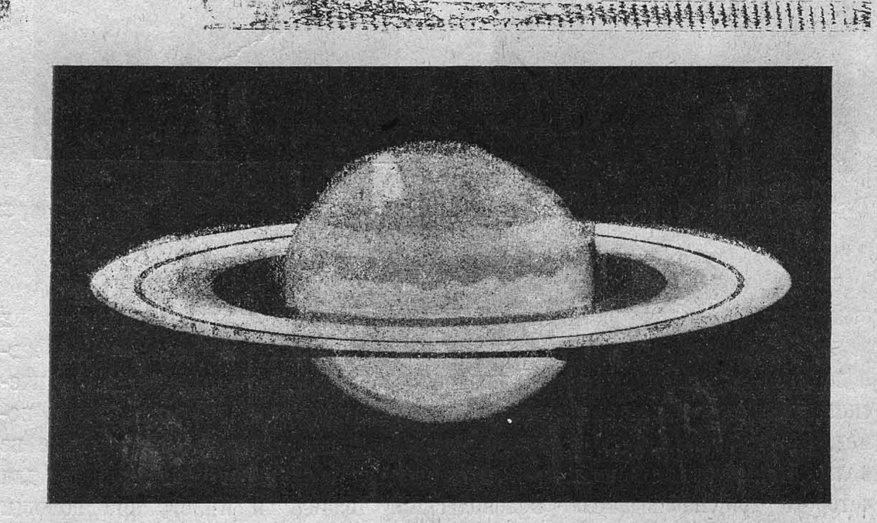


Рис. 57. Сатурн.

солнцем. С другой стороны, плоскость колец может проходить через центр солнца, и в этом случае солнечными лучами освещается только весьма узкий край кольца, который и представляется наблюдателю в этот момент в виде очень тонкой светлой линии.

Для полноты картины необходимо указать, что Сатурн окружен системой десяти спутников. Все они принадлежат к весьма слабым небесным телам, доступным для наблюдений лишь в большие телескопы. Два из них, открытые позже всех остальных, могут быть наблюдаемы только при помощи фотографии. В нижеследующей таблице приводится список спутников Сатурна в хронологическом порядке по времени их открытия с указанием их размеров и лиц, открывших их:

Название спутника.	Кто открыл.	Год открытия.	Поперечник в километрах.
Титан.	Гюйгенс.	1655	2259
Япет.	Кассини.	1671	783
Рея.	Кассини.	1672	1199
Фетида.	Кассини.	1684	916
Диана.	Кассини.	1684	771
Мимас.	В. Гершель.	1789	470
Энцеляд.	В. Гершель.	1789	594
Гиперион.	Бонд и Ласссль.	1848	310
Фебея.	Пикеринг и Фрост.	1898	67
Фемида.	Пикеринг.	1906	61

Спутники Сатурна настолько слабы, что никаких подробных сведений относительно их мы не имеем, и из наблюдений определяются только их положения, дающие возможность изучать их движение вокруг планеты.

§ 41. Уран и Нептун.

Планета Уран была открыта В. Гершелем совершенно случайно 13-го марта 1781 года. Он ее заметил в виде звездочки, находящейся на пределе видимости для невооруженного глаза, и сначала принял ее за комету. Дальнейшие наблюдения над движением нового светила показали несостоятельность этого предположения, и в августе того-же года Лаплас доказал, что новое тело является седьмой планетой солнечной системы, обращение которой вокруг солнца совершается по тем-же законам, что и для первых шести планет. Так как Уран может быть виден и невооруженным глазом, то его могли замечать и прежние наблюдатели, но, очевидно, принимали за обыкновенную звезду. И действительно, когда был определен путь Урана вокруг солнца, и сделалось возможным вычислять те положения, которые он занимал на небе в прежние времена до его открытия, среди отчетов старых наблюдений было отыскано несколько указаний на то, что эта новая планета наблюдалась, но заносилась в журналы наблюдений, как простая звездочка. Линейный поперечник Урана содержит 59 200 километров, и, следовательно, он приблизительно в 5 раз больше поперечника земли. Спектр Урана обладает большим числом линий поглощения. В нем полоса поглощения, находящаяся в красном цвете и наблюдаемая также и в спектрах Юпитера и Сатурна, значительно интенсивнее, чем в спектрах этих планет. Кроме того, в спектре Урана замечаются свойственные только ему полосы поглощения в желтом, зеленом и зелено-голубом цветах. Таким образом Уран должен быть окружен плотной атмосферой. Были попытки подметить некоторые пятна на его поверхности

и определить время вращения вокруг оси. По наблюдениям Скиапарелли, Уран совершает полный оборот вокруг оси приблизительно в 8 часов 15 минут, и вращение это, в противоположность другим планетам, совершается в обратном направлении, т. е. с востока через юг на запад. Сжатие Урана равно $^1/_{10}$. У Урана известны 4 спутника. Первые два, Ариель и Умбриель, были открыты Ласселем; два другие, Титания и Оберон, найдены В. Гершелем. Ниже даются размеры этих спутников:

Спутник.	Поперечник в километрах.
Ариель	581
Умбриель	400
Титания	942
Оберон	875

Все спутники Урана представляются слабыми телескопическими звездочками. Характерною особенностью системы Урана является обратное движение всех его спутников.

Нептун был впервые замечен 23-го сентября 1846 года берлинским астрономом Галле, но честь открытия этой планеты принадлежит Леверье, указавшему ее положение на небе на основании теоретических вычислений. Уже в начале двадцатых годов XIX-го столетия французский астроном Бувар, изучая движение Урана, обратил внимание на некоторые неправильности в этом движении, систематичность которых показывала ,что они не происходят от ошибок наблюдений, а являются следствием какой-то внешней причины. Для выяснения этой причины было приступлено к составлению новых таблиц движения Урана, при чем было принято во внимание влияние всех известных планет на это движение. Таблицы оказались законченными к 1845 году и подтвердили существование замеченных неправильностей. Тогда разрешением вопроса об об'яснении этих неправильностей занялись Леверье и Адамс независимо один от другого. После некоторых размышлений, для об'яснений уклонений в движении Урана по сравнению с составленными на основании теоретических вычислений таблицами, пришлось допустить существование неизвестной планеты, и прежде всего надлежало решить вопрос, где по отношению к Урану должна была находиться эта новая планета. На остальные планеты солнечной системы неизвестное тело влияния не оказывало. Таким образом оно могло быть расположено или за пределами пути, описываемого Ураном вокруг солнца, или между Ураном и Сатурном, но очень близко от Урана. Второе предположение противоречило, однако, ряду Боде, который в то время считался истинным законом, определяющим расстояния планет от солнца, и потому естественно было допустить, что новая планета, не составляя в этом отношени резкого исключения в солнечной системе, находится от солнца дальше, чем Уран. Эти соображения и привели Леверье к его извест-

ным вычислениям пути, по которому должна двигаться новая планета. Задача эта чрезвычайно трудная и требовала большой, усидчивой работы. На основании закона Ньютона легко можно вычислять, какое влияние производит известная планета на движение другого, также известного небесного тела,

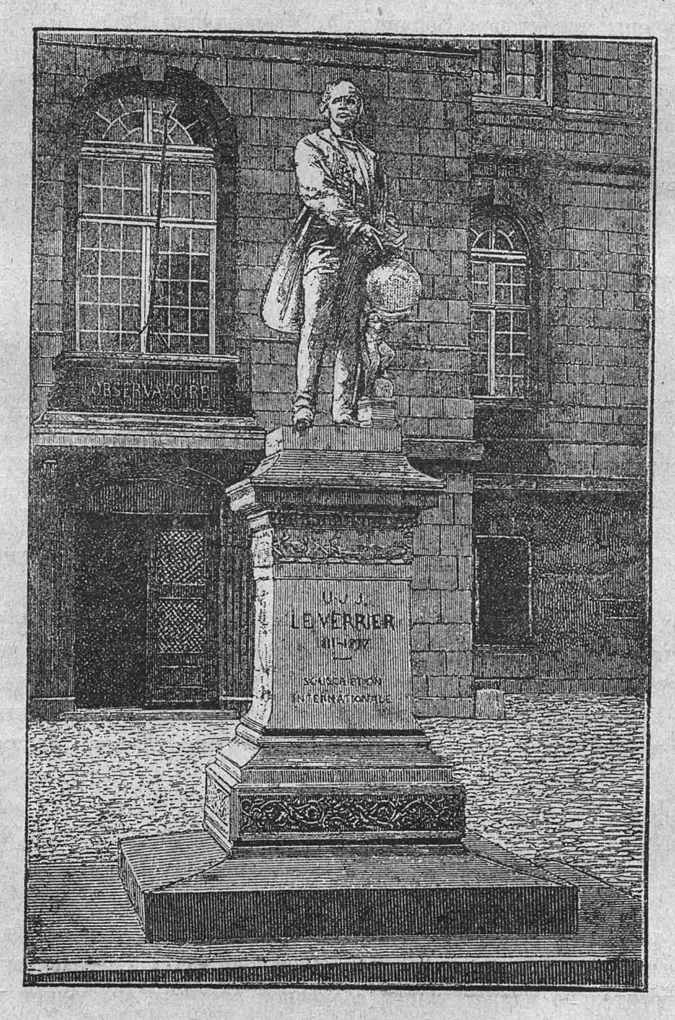


Рис. 58. Памятник Леверье.

и помощью этих вычислений определяются уклонения интересующего нас тела от движения, строго подчиняющегося законам Кеплера. Такие уклонения называются возмущениями в движении небесного тела. Леверье же должен был решать задачу обратную, а именно по уклонениям Урана от движения, определяемого точными таблицами, при составлении которых были приняты во внимание все известные планеты, иначе говоря по возмущениям,

производимым в движении Урана неизвестным телом, определить движение этого небесного тела вокруг солнца, вычислить силу его притяжения и, в конце концов, указать его положение на небе в определенный момент. Леверье блестящим образом справился со всеми трудностями, и, когда результаты его вычислений с указанием положения новой планеты на небе были получены директором Берлинской Обсерватории Энке, то Нептун был найден в тот-же день астрономом этой Обсерватории Галле, при чем ошибка в вычислениях положения новой планеты была всего около одного градуса; эта ошибка, при трудности подлежавшей решению задачи, должна была быть признана незначительной. Результаты вычислений, произведенных Леверье, были посланы в Берлинскую Обсерваторию потому, что там в это время составлялась точная звездная карта того участка неба, где должен был находиться Нептун.

Справедливость требует отметить, что и Адамс разрешил эту трудную задачу с неменьшим успехом, чем Леверье, но по независящим от него причинам обнародование результатов его вычислений было несколько задержано, вследствие чего первенство открытия Нептуна осталось за Леверье. Открытие Нептуна в буквальном смысле явилось торжеством теоретических исследований и математических вычислений.

Истинный поперечник Нептуна имеет 55 000 километров, т. е. он лишь несколько меньше поперечника Урана. Невооруженным глазом Нептун уже не виден и принадлежит к телескопическим звездам. Малая яркость этой планеты очень затрудняет спектральные исследования; однако, можно утверждать, что спектр Нептуна очень сходен со спектром Урана. Были попытки определить время вращения Нептуна вокруг оси на основании принципа Доплера-Физо. Направление вращения, повидимому, обратное, но время вращения еще с точностью не определено. Пятен на Нептуне никаких не было замечено. У Нептуна известен один спутник, открытый 10-го августа 1848 г. Поперечник его равен приблизительно 3630 километрам. Движение его обратное.

§ 42. Деление планет на внутренние и внешние.

По характеру видимых движений планеты разделяются, как было указано выше, на нижние и верхние. Ознакомившись с различными сведениями относительно планет нашей солнечной системы, мы можем разделить их на другие две группы, основываясь на иных признаках. Границей деления в этом случае является пояс астероидов, и планеты, находящиеся между солнцем и этим поясом, называются внутренними. К ним следовательно относятся: Меркурий, Венера, Земля, которой будет посвящена следующая глава, и Марс. Остальные планеты, а именно: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун составляют группу внешних планет. Внешние планеты от внутренних отличаются прежде всего своими размерами. Поперечники всех внешних планет значительно превышают поперечник земли; поперечники же внутренних планет или меньше поперечника земли, или в крайнем случае равны ему, как

это имеет место для Венеры. Далее, внутренние планеты или совсем не имеют спутников, или обладают небольшим их числом; внешние же планеты, как правило, окружены значительным числом спутников и представляют собою как бы миниатюрные солнечные системы, при чем исключение составляет один лишь Нептун, у которого до сих пор известен только один спутник. Еще бро-

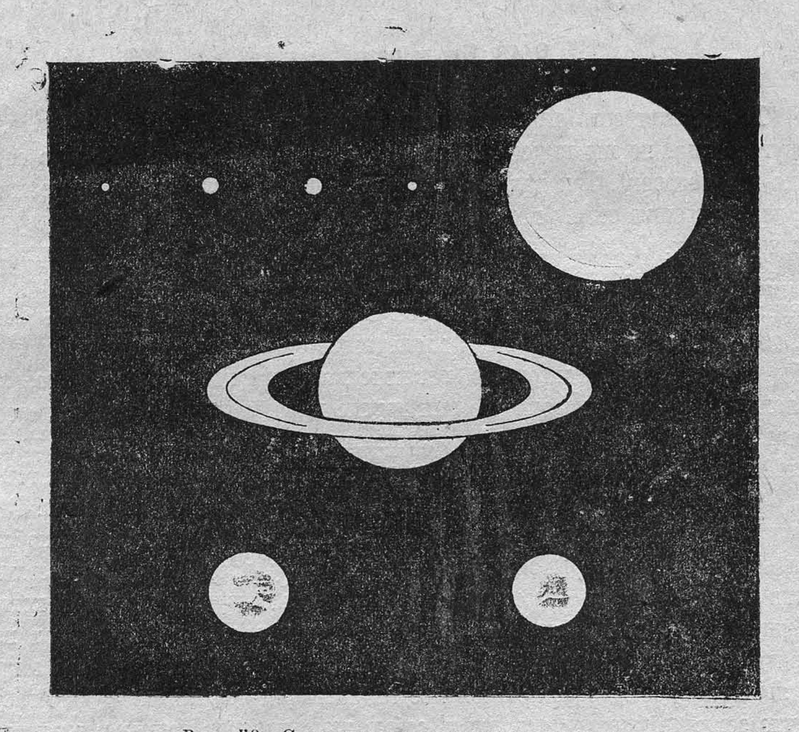


Рис. 59. Сравнительная величина планет.

сается в глаза, что все внешние планеты, несмотря на их огромные размеры, совершают полный оборот вокруг своих осей в очень короткие периоды, между тем как периоды вращения внутренних планет вокруг осей значительно больше, хотя самые планеты и обладают меньшими размерами. Наконец, все внутренние планеты представляют собою тела уже отвердевшие, между тем как внешние планеты обладают гораздо меньшею плотностью, чем внутренние, и, повидимому, далеки от состояния отвердения.

ГЛАВА V.

Земля.

§ 43. Вид и размеры земли.

Хотя земля есть также одна из планет, совершающих свое движение вокруг солнца, но мы выделяем ее в особую главу в виду особенного ее значения для человека. Так как человек живет на этой планете, то естественно, что для изучения ее он может применять иные способы, чем для изучения других планет. Относительно земли многое можно узнать при помощи непосредственных измерений на ее поверхности, а не только пользуясь наблюдениями, произведенными издали. Но так как земля тоже есть одно из небесных тел, то наблюдения над другими планетами могут быть полезными для того, чтобы сделать соответственные заключения относительно нее, пользуясь аналогией. С другой стороны, те или другие выводы, полученные из непосредственных измерений на самой поверхности земли, могут служить подтверждением результатов, полученных из наблюдений над другими планетами.

Остановимся прежде всего на вопросе о виде и размерах земли. В первом приближении землю можно считать шаром. В самом деле, для наблюдателя, стоящего в открытом месте, видимая ему часть земной поверхности всегда представляется ограниченной окружностью круга, в центре которого находится он сам. Поднявшись выше, он заметит, что горизонт стал шире, но видимая часть поверхности опять имеет своей границей окружность круга. Это явление наблюдается во всех местах земной поверхности и указывает на то, что земля должна представлять собою шар, так как только в этом случае подобное явление может иметь место. Другим доказательством шарообразности земли служат наблюдения над приближающимися к нам предметами, напр., над кораблем, который становится видимым постепенно, начиная с верхних частей. Конечно, такого рода наблюдения надо производить в зрительную трубу. Аналогичное же явление наблюдается при приближении наблюдателя по ровной местности к высокой горе. Точно также предметы, удаляющиеся от наблюдателя, исчезают не сразу, а сначала перестают быть видимыми нижние части предмета, затем скрываются под горизонтом средние его части, и, наконец, исчезает и весь предмет. Таким образом выпуклость поверхности земли такого рода наблюдениями обнаруживается с полною очевидностью, а так как это явление наблюдается повсеместно, то, следовательно, земля должна иметь приблизительно шарообразную форму. Такому предположению не противоречат также и кругосветные путешествия. Кроме того, так как все небесные тела имеют приблизительно шарообразную форму, то естественно предположить, что и земля в этом отношении не составляет исключения.

Придя к заключению, что земля имеет приблизительно форму шара, можно попытаться определить ее размеры, для чего достаточно знать линей-

ную длину ее поперечника, или еще лучше половину этой длины, или так называемый радиус земли. С этою целью достаточно измерить линейное расстояние между двумя какими-нибудь точками, лежащими на одном географическом меридиане, и кроме того определить угол, составляемый радиусами земли, исходящими из ее центра к этим двум точкам. Этот угол определяется из астрономических наблюдений над звездами. Что же касается линейного расстояния между рассматриваемыми двумя точками, то оно может быть получено на основании геодезических измерений. Однако, непосредственно

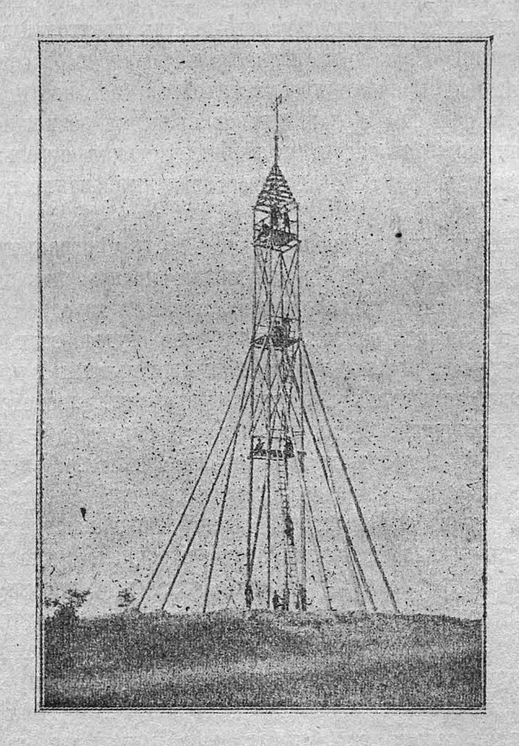


Рис. 60. Триангуляционный знак.

измерить расстояние между двумя точками, укладывая по поверхности земли ту или другую меру длины, можно лишь в том случае, когда это расстояние невелико, и когда между означенными точками нет никаких естественных препятствий, в виде, например, реки, или возвышенности, или леса. На практике, однако, такие условия обгкновенно не имеют места. Поэтому для измерения расстояний между двумя точками приходится прибегать к особому способу, называемому триангуляцией. Этот способ состоит в следующем. Для того, чтобы определить длину какой-нибудь дуги на поверхности земного шара, по сторонам от этой дуги выбирают ряд точек так, чтобы из каждой точки можно было видеть несколько соседних точек. Эти точки отмечаются на местности искусственными сигналами, воздвигаемыми в виде особых дере-

вянных пирамид. Иногда, впрочем, для обозначения этих точек пользуются какими-нибудь зданиями, видимыми издалека, напр., колокольнями церквей. Соединяя мысленно все выбранные точки линиями, получают сеть треугольников, откуда и самый способ получает название триангуляции (от латинского слова *triangula*, что значит треугольник). В этой сети одну сторону, выбранную на ровной местности и называемую базисом, измеряют непосредственно. В треугольниках при помощи какого-нибудь угломерного прибора измеряют все углы. Надо заметить, что сетью треугольников та дуга, длину которой надлежит определить, разбивается на отдельные части, из которых каждая также является стороною какого-нибудь треугольника, входящего в состав триангуляции. Всех вышеупомянутых измерений совершенно достаточно, чтобы каждый треугольник разбитой на местности сети мог быть решен. При таком решении треугольников является возможность определить при помощи вычислений те части, на которые сетью треугольников разбилась дуга, подлежащая измерению. Через простое суммирование получается длина самой дуги.

Для большей точности, конечно, не следует ограничиваться измерением какой-нибудь одной дуги, а необходимо производить такие измерения на различных географических меридианах, а также на одном и том-же меридиане, но в различных его частях. Проще всего будет, если для такого рода измерений мы будем выбирать в различных частях земной поверхности дуги, которым будет соответствовать угол между радиусами, проведенными в точки, лежащие на концах дуги, равный всегда одному градусу. В таком случае самое измерение мы назовем градусным измерением. Измерения большого числа дуг, расположенных в различных частях земной поверхности, не только послужат к увеличению точности, при определении размеров земли, но также дадут возможность узнать, не уклоняется ли точная форма земли от шарообразной. В самом деле, если бы земля имела в точности шарообразную форму, то длина дуги, которой соответствует угол в один градус между радиусами, проведенными в ее концы, во всех местах земной поверхности была бы одна и та-же. В действительности же оказывается, что длина такой дуги вблизи экватора меньше, чем у полюсов. Это указывает на то, что земля представляет собою тело, сплющенное у полюсов и напоминающее своим видом, грубо выражаясь, апельсин. Из большого числа таких измерений выведено, что экваториальный радиус земли содержит 6377 километров, а полярный 6356 километров. Мы уже видели, что Юпитер и Сатурн также представляют собою тела, сплющенные при полюсах. Эти результаты были выведены из наблюдений. Сплющенность же земли обнаружена непосредственными измерениями. Вычисляя сжатие земли так-же, как это было указано для Юпитера, получаем очень незначительную дробь, равную всего только $^{1}/_{299}$.

§ 44. Вращение земли вокруг оси.

В ясную ночь наблюдатель, внимательно следящий за звездным небом, легко заметит, что некоторые звезды на восточной части горизонта появля-

ются из-под него, постепенно поднимаются все выше и выше и, достигнув наивысшего положения над горизонтом, снова начинают опускаться, пока не исчезнут под горизонтом на западной стороне неба. Если такие наблюдения производить над несколькими звездами, то обнаруживается, что их видимые пути на небе параллельны между собою. Среди звезд имеются и такие, для которых не представляется возможным проследить восход и заход, но которые в течение ночи движутся на небе по путям, также параллельным путям других звезд, и по этим наблюдениям легко можно себе представить, что такие звезды описывают на небе полные окружности. Те же звезды, для которых мы наблюдаем восход и заход, часть своих путей от захода до восхода описывают, повидимому, под горизонтом. Чем выше звезда находится над горизонтом, тем менее длинный путь описывает она. Переходя постепенно к звездам, все более и более удаленным от горизонта, в конце концов мы дойдем до такой точки на небе, которая при всех этих видимых движениях звезд остается неподвижной. Эта точка находится очень недалеко от довольно яркой звезды, расположенной в созвездии Малой Медведицы и обозначенной греческой буквой α. Все эти наблюдения можно было бы об'яснить предположением, что весь небесный свод, к которому прикреплены все видимые нами звезды, равномерно вращается вокруг оси, проходящей через ту неподвижную точку, о которой было только-что сказано. Эта ось, конечно, должна встречать небесный свод также и в другой точке, находящейся под горизонтом. Точки встречи оси с небесным сводом называются полюсами вращения, или полюсами мира, и та яркая звезда, которая находится вблизи полюса, расположенного над горизонтом, называется Полярной звездой. Именно такое представление о небесном своде и было у древних астрономов. Однако, с тех пор как система Коперника получила всеобщее распространение, и стало известно, что различные звезды находятся на различных расстояниях от земли, такое представление о звездном небе оказалось неприемлемым, так как слишком трудно было допустить, что звезды, находящиеся на весьма различных расстояниях от земли, все совершают полный оборот вокруг оси в один и тот-же промежуток времени. Поэтому самим Коперником было высказано предположение, что земля вращается вокруг оси, и если видимое вращение небесного свода происходит в направлении с востока через юг на запад, то вращению земли необходимо было приписать обратное направление с запада через юг на восток. Это простое предположение о вращении земли вокруг оси вполне об'ясняет все вышеописанные видимые движения звезд на небе.

Хотя в настоящее время предположение о вращении земли вокруг оси является вполне естественным, тем не менее следует привести доказательства, подтверждающие справедливость этого предположения. К числу таких доказательств относится прежде всего отклонение свободно падающих тел от вертикального направления к востоку. В самом деле допустим, что мы предоставляем камню свободно падать с вершины высокой башни. Если земля вращается вокруг оси, то и каждый предмет, находящийся на поверхности земли, и каждая часть предмета должна принимать участие в таком вращении, но при этом, чем дальше от центра земли находится вращающаяся точка,

тем больше должна быть ее линейная скорость вращения. Следовательно, вершина башни должна обладать большей скоростью, чем ее основание. С другой стороны, по законам механики, всякий предмет, находящийся на вершине башни, хотя бы и не связанный неизменно с нею, должен также иметь ту же самую линейную скорость вращения, как и вершина башни. Поэтому камень, которому мы предоставляем свободно падать с вершины башни, не только будет под влиянием притяжения земли падать по вертикальному направлению, но также будет принимать участие во вращении со скоростью, равною скорости вращения вершины башни. Так как вертикальное направление совпадает, скажем, с ребром башни, идущим от верхней части башни до ее основания, и так как скорость вращения основания башни меньше скорости вращения вершины и, следовательно, скорости вращения камня, то камень, достигнув при своем падении поверхности земли, должен упасть не у самого основания башни, а несколько к востоку от него, в виду того, что вращение происходит в направлении с запада на восток. Производить опыты над падением тел удобнее всего не на башнях, находящихся над поверхностью земли, а в глубоких шахтах, в которых воздушные течения не влияют на результаты этих весьма деликатных опытов. Произведенные опыты дают вполне удовлетворительное согласие с теоретически вычисленным отклонением. Особенно точные опыты были произведены Рейхом в 1832 году в шахте «Трех Братьев» около Фрейбурга. При падении с высоты 158,5 метров падающее тело отклонилось к востоку на 28,4 миллиметра; по теории же оно должно было отклониться на 27,5 миллиметров. Такое согласие следует признать весьма удовлетворительным.

Другим доказательством вращения земли служат пассатные ветры, дующие в жарком поясе в северном полушарии в северо-восточном направлении и в южном в юго-восточном. Эти воздушные течения происходят вследствие различия температур экваториальных и умеренных стран. Но если бы земля была неподвижна, направление пассатных ветров было бы прямо с севера на юг и с юга на север; при вращении же земли вместе с ней вращается и атмосфера, при чем частицы воздуха на экваторе вращаются быстрее частиц воздуха, более отдаленных от него. Поэтому частицы воздуха, идущие из более северных стран к экватору, отстают во вращательном движении и уклоняются к западу от тех точек земной поверхности, которых они достигли бы, если бы земля была неподвижна. Следствием этого является то, что такие частицы воздуха кажутся пришедшими из более восточных пунктов, и таким образом получается северо-восточный пассат в северном полушарии. Подобным же образом об'ясняется и происхождение юго-восточного пассата в южном полушарии.

Далее доказательством вращения земли вокруг оси служит ее сжатие у полюсов. Сжатие это может быть об'яснено как следствие вращения земли, когда она была в достаточно размягченном состоянии, чтобы поддаваться действию так называемой центробежной силы. При этом для точек земной поверхности у экватора, вращающихся быстрее остальных, развивалась наибольшая центробежная сила, и они наиболее стремились удалиться от оси вращения. Для частей же земной поверхности у полюсов это стремление было наимень-

шим, а для самих полюсов, которые являются при вращении земли неподвижными точками, центробежной силы и вовсе не существует. Что сжатие тела действительно является следствием его вращения, можно видеть на приборе, состоящем из нескольких гибких круглых колец, надетых на вертикальный стержень. В нижних концах кольца прикреплены к стержню, в верхних же они могут свообдно скользить вдоль него. Заставляя стержень, а вместе с ним и кольца, быстро вращаться, мы заметим, что все кольца примут овальную, сплющенную форму, и чем быстрее будет вращение, тем больше получится сплющенность. Отсюда ясно, что сжатие земли действительно можно считать доказательством ее вращения вокруг оси.

Но наиболее наглядным доказательством вращения земли вокруг оси служит опыт с маятником Фуко, основанный на свойстве маятника сохранять неизменно плоскость его качания. Под маятником мы разумеем какое-нибудь тяжелое тело, имеющее, например, форму шара и подвешенное на достаточно тонкой нити. Что маятник, действительно, стремится сохранять плоскость своих качаний, это доказывается при помощи очень простого прибора, состоящего из круглой дощечки с небольшой рукояткой внизу и с дугообразным приспособлением наверху. К верхней части этого дугообразного приспособления прикрепляется маятник, который в начале опыта мы заставляем совершать колебания в плоскости этого приспособления. Если затем, держа этот прибор в руке за рукоятку, мы будем медленно вращать его вокруг вертикальной линии, то через некоторое время мы заметим, что маятник будет качаться в плоскости, составляющей с плоскостью дугообразного приспособления некоторый угол. Это и будет доказывать, что плоскость качания маятника сохраняется, так как при этом опыте мы плоскость дугообразного приспособления вывели из ее первоначального положения, а маятник, очевидно, продолжает качаться в этой первоначальной плоскости.

В опыте Фуко маятник состоит из тяжелого шара, оканчивающегося острием и подвешенного на тонкой железной проволоке, которая берется по возможности длиннее. Весьма удобно подвешивать маятник к потолку лестничных пролетов в высоких помещениях. Под шаром маятника Фуко обыкновенно насыпают песок. Если мы заставим маятник Фуко совершать колебания в какой-нибудь плоскости, то острие маятника будет чертить на песке прямую линию. Через некоторое время после приведения маятника в движение замечается отклонение плоскости его качания от первоначального положения в направлении с востока через юг на запад. Это мы заметим потому, что острие маятника будет чертить на песке линию, составляющую с первоначальным направлением качания некоторый угол. А так как плоскость качания маятника по доказанному выше не может изменяться, то, очевидно, сама земля вращается в обратном направлении, т. е. с запада через юг на восток, и наблюдаемое отклонение плоскости качания маятника есть лишь кажущееся явление. В различных пунктах земной поверхности видимое отклонение плоскости качания маятника не одинаково. На полюсе эта плоскость совершает полный оборот в течение суток, т. е. отклоняется в час на 15 градусов. На экваторе никакого отклонения не наблюдается. Для точек, лежащих между полюсом и экватором, угол видимого отклонения

плоскости качания маятника будет промежуточный между нулем и 15 градусами. Наблюденное видимое отклонение вполне согласуется с величинами, полученными на основании теоретических соображений. В следующей таблице даны результаты наблюдений над кажущимся отклонением плоскости качания маятника для некоторых мест:

Место наблюдения.	Географическая широта.	Отклонение в 1 час.
Кельн	+ 50,9°	11,8°
Рим	+ 41,9°	9,9°
Цейлон	+ 6,9°	1,8°
Рио-де-Жанейро .	— 22,9°	5,2°

Наконец, так как наблюдения обнаруживают, что солнце, луна и планеты солнечной системы все вращаются вокруг осей, и так как земля тоже есть одна из планет, то уже по аналогии мы должны заключить, что и земля тоже вращается вокруг оси.

§ 45. Годовое движение земли.

Так как земля есть одна из планет солнечной системы, то она должна обладать не только вращательным движением вокруг оси, но также, наравне с другими планетами, поступательным движением вокруг солнца. Однако мы, находясь на поверхности движущейся земли, не можем непосредственно ощутить этого движения, не имея перед глазами таких предметов, к которым мы могли бы отнести это движение. В этом отношении нам могут сослужить службу все те же наблюдения над звездами.

Обратим внимание на какую-нибудь яркую звезду и будем замечать, через сколько времени после захода солнца будет она заходить, скрываясь под горизонтом на западной его стороне. Будем производить эти наблюдения по возможности ежедневно, насколько будет позволять погода. В скором времени мы заметим, что промежуток между заходом солнца и заходом этой звезды все уменьшается, и, наконец, в некоторый момент звезда делается недоступной для наблюдений вследствие того, что она заходит одновременно с солнцем. Но пройдет еще некоторое время, и мы ту же самую звезду можем увидеть утром на восточной стороне неба незадолго до восхода солнца, и затем промежуток времени между восходом звезды и восходом солнца будет все более и более увеличиваться. Эти простые наблюдения, производимые к тому же невооруженным глазом, после внимательного их рассмотрения, приводят наблюдателя к заключению, что солнце движется среди звезд в направлении с запада через юг на восток, при чем по истечении года оно снова возвращается к тем же самым звездам.

Движение солнца среди звезд может быть обнаружено еще и дру-

того рода наблюдениями. Будем обращать внимание на то, какие из ярких звезд занимают наивысшее положение над горизонтом ежедневно в полночь, т. е. в тот момент, когда солнце находится ниже всего под горизонтом. Очевидно, это будут звезды, находящиеся в той части небесного свода, которая прямо противоположна части, занимаемой солнцем. Производя такие наблюдения изо дня в день, мы заметим, что в различные дни такое положение будут занимать различные звезды, при чем, если в данный день в полночь наивысшее положение занимала некоторая определенная звезда, то та же самая звезда снова такое же положение будет занимать через год. Эти наблюдения также показывают, что солнце движется среди звезд, и из них легко понять, что через полгода после момента наблюдений солнце будет находиться в той части неба, где расположены наблюдавшиеся в этот момент звезды.

Наконец, еще мы можем ежедневно в полдень, т. е. в тот момент, когда солнце выше всего поднимается над горизонтом, измерять это его возвышение над горизонтом. Такие измерения показывают, что высота солнца над горизонтом непрерывно меняется и наибольшей бывает около 22-го июня, а наименьшей около 22-го декабря. Так как наибольшая высота какой-нибудь определенной звезды над горизонтом, как показывают наблюдения, в какой бы день года мы эту высоту ни измеряли, остается всегда одинаковой, то и из этого рода наблюдений вытекает, что солнце перемещается среди звезд. Если бы мы выводимые из вышеописанных наблюдений над солнцем его положения стали наносить, по возможности ежедневно, на звездную карту или, еще лучше, на звездный глобус, представляющий собою в уменьшенном масштабе звездное небо, то мы получили бы путь солнца среди звезд и убедились бы, что солнце совершает свое видимое движение среди звезд в плоскости, наклоненной к плоскости экватора под углом в 23,5 градуса. Эта плоскость называется плоскостью эклиптики, и самый путь солнца на небесном своде также может быть назван эклиптикой. В среднем солнце проходит по эклиптике ежедневно дугу, несколько меньшую одного градуса, так как полный путь оно совершает в 365 дней.

Все вышеописанные наблюдения обнаруживают движение солнца среди звезд. Но ведь нашею целью являлось обнаружение поступательного движения земли. Теперь является вопрос, не могут ли все наблюдаемые явления быть об'яснены движением земли вокруг солнца. Оказывается, что оба предположения вполне пригодны для об'яснения наблюдаемых явлений. В самом деле положим, что на рисунке 61-м S представляет неподвижную землю, а $abcd$ есть путь солнца вокруг земли. Тогда в тот момент, когда солнце находится в точке a, в прямо противоположной части неба мы будем усматривать созвездие Весов (♎); когда солнце находится в точке b, в прямо противоположной части неба будет находиться созвездие Козерога (♑) и т. д. Теперь допустим, что солнце неподвижно, а земля совершает движение вокруг солнца. Тогда на том-же самом чертеже точка S будет представлять солнце, а $abcd$ есть путь земли. Теперь очевидно, что, когда земля на своем пути занимает положение c, то в части неба, прямо-противоположной солнцу, будет находиться то-же самое созвездие Весов (♎), которое было упомянуто

выше; точно также, когда земля будет находиться в точке d, в части неба, прямо противоположной солнцу, будет усматриваться созвездие Козерога (♑) и т. д. Таким образом, предположение, что земля движется вокруг солнца, вполне об'ясняет все явления, которые имели бы место при движении солнца вокруг земли, но так как земля есть одна из планет, то естественно признать справедливость допущения о ее движении вокруг солнца.

Однако, не ограничиваясь только аналогией с другими планетами, можно непосредственно доказать, что именно земля движется вокруг солнца, а не наоборот. Таким доказательством может служить между прочим так называемый годичный параллакс звезд. Если размеры земного пути исчезающе малы по сравнению с расстоянием, отделяющим от нас какую-нибудь

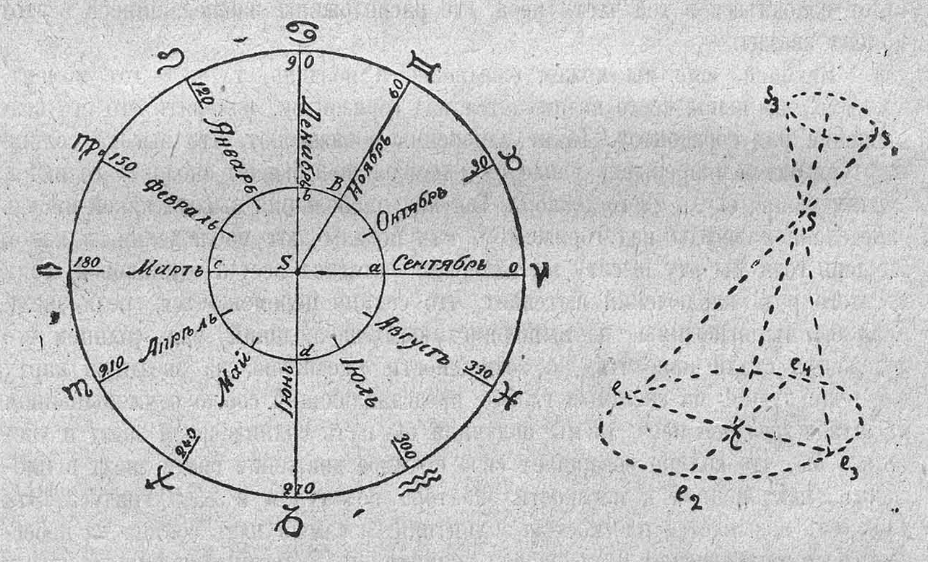


Рис. 61. Годовое движение земли вокруг солнца. Рис. 62. Годичный параллакс звезд.

звезду, то направления к такой звезде из различных точек земного пути остаются параллельными между собой, и, следовательно, звезда усматривается постоянно в одном и том-же месте неба. Звезды же, сравнительно близкие к нам, при движении земли вокруг солнца, должны усматриваться в различные дни года в различных направлениях: они представляются нам как бы перемещающимися по небесному своду, хотя и в очень незначительных пределах. В этом и состоит явление годичного параллакса. Положим, что S на рис. 62-м есть звезда, C — солнце, e_1 e_2 e_3 e_4 — путь земли. Вполне понятно, что из двух прямо противоположных положений земли e_1 и e_3 направления e_1 S и e_3 S на звезду отнесут ее положение на небе к двум различным точкам S_1 и S_3. Построив направление к звезде S также из всех промежуточных положений земли и получив промежуточные положения звезды на небе, мы через соединение их получим овальную, эллиптическую кривую, которая и представляет собою видимый путь звезды. Эта кривая есть, так сказать, изображение земного пути на небе, и, будь земля

неподвижна, подобных перемещений звезды мы наблюдать не могли бы. Все последователи системы Коперника, с самого момента ее обнародования, ясно сознавали, что при ее справедливости непременно должны существовать вышеописанные параллактические перемещения звезд, и многие астрономы старались обнаружить из наблюдений такие перемещения; однако, долгое время такие старания не увенчивались успехом исключительно потому, что, вследствие весьма больших расстояний звезд от планетной системы, их параллактические перемещения должны быть очень малыми, точность же астрономических наблюдений еще не была доведена до такой степени совершенства, при которой могли бы быть обнаружены эти малые перемещения. Впервые только в половине XIX столетия астроному Бесселю удалось открыть явление годичного параллакса у звезды в созвездии Лебедя, обозначаемой № 61. В настоящее время годичный параллакс открыт уже у довольно значительного числа как ярких, так и слабых звезд, и потому больше не остается никакого сомнения в справедливости предположения Коперника, что земля движется вокруг солнца.

§ 46. Времена года и климатические пояса земли.

Ближайшим и важнейшим следствием движения земли вокруг солнца в связи с ее вращением вокруг оси является смена времен года. Для об'яснения времен года обратимся к чертежу 63, на котором изображены четыре положения земли на ее пути в моменты, отделенные друг от друга промежутками в три месяца. Рассмотрим положение I. В этом положении линия, соединяющая центры солнца и земли, как нетрудно понять, лежит не только в плоскости эклиптики, но также и в плоскости экватора, и для жителей экватора солнце в полдень представляется находящимся прямо над головой, или, как говорят астрономы, в зените. Плоскость, отделяющая освещенную солнцем половину земли от неосвещенной, всегда должна быть перпендикулярна к линии, соединяющей центры солнца и земли. В положении I эта плоскость проходит через полюсы земли N и S. Таким образом в это время каждая точка земной поверхности, будет ли она находиться на экваторе, или в каком-нибудь расстоянии от него, при вращении земли вокруг оси, будет проходить одинаковый путь как по освещенной половине земной поверхности, так и по неосвещенной, так как в этом случае не только экватор, но и всякий другой круг на поверхности земли. параллельный экватору, делится вышеупомянутой плоскостью пополам. Следовательно, в положении I во всех точках земной поверхности день равен ночи. Этот момент называется весенним р а в н о д е н с т в и е м и падает приблизительно на 22-е марта. С этого момента в северном полушарии земли начинается весна. Будем дальше следить за движением земли вокруг солнца. Рассмотрим положение земли II, в которое она приходит через три месяца после первого положения. В это время линия, соединяющая центры солнца и земли, составляет с плоскостью экватора угол в 23,5 градуса и пересекает поверхность земли в северном полушарии. Следовательно, в это время в полдень солнце будет усматриваться

прямо над головой, т. е. в зените, жителями параллельного экватору круга, лежащего в северном полушарии и отстоящего от экватора на 23,5 градуса. Этот круг называется иногда тропиком Рака. Легко видеть, что в это время плоскость, отделяющая освещенную часть земной поверхности от неосвещенной, составляет с осью вращения земли тоже угол в 23,5 градуса, и, следовательно, северный полюс земли и все точки земной поверхности в пределах от северного полюса до северного полярного круга, отстоящего от экватора на 66,5 градусов, представляются, как это усматривается из чертежа, непрерывно освещенными. В южном же полушарии освещенная часть земной поверхности достигает только южного полярного круга, отстоящего к югу от экватора на 66,5 градусов, и все точки к югу от этого круга до самого южного полюса находятся всецело на неосвещенном полушарии земли. В это время в северном полушарии, как нетрудно сообразить из чертежа, будет

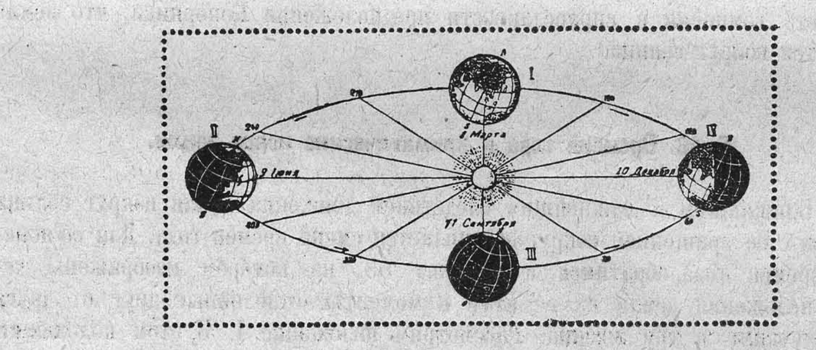


Рис. 63. Времена года.

самый длинный день и самая короткая ночь. Для жителей же северного полярного круга день продолжается 24 часа, тогда как около южного полюса в это время царит непрерывная ночь. Такое положение земля занимает около 22-го июня, и в этот момент в северном полушарии начинается лето. Этот момент называется летним солнцестоянием. Следующее положение земли, а именно положение III, в которое земля приходит через полгода после рассмотренного нами положения I, вполне аналогично этому последнему. Для жителей экватора солнце в полдень опять бывает в зените, и на всей земной поверхности в этот момент день равен ночи. Происходит это около 22-го сентября, и этот момент, являющийся началом осени в северном полушарии, называется осенним равноденствием. Рассмотрим, наконец, положение IV, которое земля занимает около 23-го декабря, т. е. через 9 месяцев после первого положения, когда земля совершила на своем пути ¾ полного оборота. Положение IV по всем обстоятельствам прямо противоположно положению II. В это время солнце в полдень усматривается в зените жителями параллельного экватору круга, отстоящего к югу от экватора на 23,5 градуса и называемого иногда тропиком Козерога. На освещенной половине земной поверхности на этот раз находится южный полюс, и в пространстве между

южным полюсом и южным полярным кругом царствует непрерывный день. На северном же полюсе и в точках земной поверхности около него в это время имеет место сплошная ночь. В этот момент в северном полушарии начинается зима. Наконец, по истечении полного оборота земли вокруг солнца, когда земля снова приходит в положение I, и когда таким образом заканчивается год, все описанные явления, а следовательно и времена года, повторяются в прежнем порядке.

Сообразно с особенностями, характеризующими времена года для различных мест земной поверхности, земля разделяется на 5 поясов: жаркий, 2 умеренных и 2 холодных. Не вдаваясь в подробности относительно климатического различия этих поясов, остановимся лишь на их различии чисто астрономического характера. Жаркий пояс лежит в пределах между тропиком Рака и тропиком Козерога и характеризуется тем, что для всех его точек солнце в полдень бывает в зените по крайней мере хоть один раз в году, а для большинства из них даже и два раза, как это легко усмотреть из внимательного изучения только что рассмотренных нами чертежей. Умеренные пояса лежат между каждым из тропиков и ближайшим полярным кругом. Они характеризуются тем, что для жителей этих поясов солнце в полдень никогда не бывает в зените, но оно во всяком случае восходит и заходит ежедневно. Наконец, холодные пояса занимают пространство между полюсами и соответственными полярными кругами. Для этих стран бывают дни в году, когда солнце или совсем не заходит, оставаясь над горизонтом 24 часа и более, вплоть до полугода для полюсов, или все время остается под горизонтом, так что ночь сплошь продолжается не менее 24 часов и опять таки вплоть до полугода для полюсов.

§ 47. Земная атмосфера.

Как и многие другие планеты, земля окружена атмосферой, которая становится все более и более разреженной по мере удаления от поверхности земли. Высота земной атмосферы может быть определена из наблюдений над продолжительностью так называемых сумерок. Это явление состоит в том, что после захода солнца верхние слои атмосферы все еще освещаются лучами уже находящегося под горизонтом солнца, вследствие чего та часть неба, где зашло солнце, представляется гораздо более светлой, чем весь остальной небесный свод. Сумерки продолжаются от захода солнца до того момента, когда солнце понижается под горизонт на 18 градусов. При окончании сумерок в ясную безлунную ночь для наблюдений невооруженным глазом становятся доступными наиболее слабые звезды, находящиеся на пределе видимости для таких наблюдений. Сумерки, имеющие место после захода солнца, называются вечерними сумерками. Совершенно также можно говорить об утренних сумерках, которые имеют место перед восходом солнца. Если солнце в какой-нибудь день не опускается ниже горизонта более, чем на 18 градусов, то сумерки продолжаются всю ночь, иначе говоря, при таких

условиях вечерние сумерки сливаются с утренними. Это бывает в северных местностях, и для Петрограда сумерки, называемые иногда зарей, наблюдаются в течение всей ночи, начиная с апреля и до августа месяца. Зная угол понижения солнца под горизонтом при конце вечерних сумерок и построив ход луча от солнца к некоторой частице земной атмосферы, находящейся в верхних ее слоях, и от этой частицы в глаз наблюдателя, можно отсюда при помощи несложных вычислений определить высоту земной атмосферы. По такого рода наблюдениям высота атмосферы получается равною приблизительно 70 километрам. Однако, таким путем можно определить высоту над поверхностью земли лишь таких слоев атмосферы, которые еще способны отражать солнечные лучи. Но и на более значительной высоте еще находятся весьма разреженные слои атмосферы, не могущие отражать солнечных лучей, но обнаруживающиеся на основании других наблюдений. Ниже мы узнаем, что в земную атмосферу иногда влетают небольшие тельца, называемые метеоритами. Эти метеориты, обладая значительною скоростью, уже в самых высоких и весьма разреженных слоях земной атмосферы испытывают весьма чувствительное сопротивление своему движению и, благодаря возникающему вследствие этого трению, накаляются, загораются и делаются видимыми на несколько секунд, при чем в этом случае получают название падающих звезд. Небольшая продолжительность этого явления об'ясняется тем, что метеорит, благодаря своим небольшим размерам, раз вспыхнув, быстро сгорает совершенно. Если одну и ту же падающую звезду пронаблюдают два наблюдателя, расположенные в двух различных местах, не очень далеко отстоящих друг от друга, при чем определят как направление из пунктов наблюдений на эту падающую звезду, так и относительное расположение пунктов наблюдений, то из такого рода наблюдений, при помощи несложных геометрических соображений, также можно определить высоту того слоя земной атмосферы, где происходит загорание метеоритов. Из такого рода наблюдений для высоты земной атмосферы получается число около 200 километров.

Существование земной атмосферы оказывает влияние на наблюдения, производимые с поверхности земли, именно луч света, идущий от какой-нибудь звезды, вступая в атмосферу, в ней, как и во всякой газообразной среде, изменяет свой первоначальный путь и, постепенно преломляясь, попадает в глаз наблюдателя по направлению, несколько отличному от того, по которому он вступил в атмосферу. Благодаря этому явлению, носящему название рефракции, мы звезды усматриваем несколько выше над горизонтом, чем они находятся на самом деле. Преломление лучей бывает более значительно в слоях атмосферы, более близких к земной поверхности, так как эти слои плотнее верхних слоев. Благодаря этому рефракция оказывает влияние на вид таких светил, как солнце и луна, когда они находятся вблизи горизонта. Так, солнце при высоком стоянии над горизонтом представляется в виде круглого диска; когда же оно находится вблизи горизонта, то принимает овальную форму, а при заходе или восходе, т. е. на самом горизонте, нередко представляется в виде пирамиды или даже принимает какую-нибудь неправильную форму.

§ 48. Средняя плотность земли.

Для определения средней плотности земли существует несколько способов, из которых мы изложим только один. Именно для этой цели в местности, где находится какая-нибудь отдельно стоящая большая гора, имеющая правильную форму, например, форму конуса, разбивается триангуляция так, чтобы начальная точка этой триангуляции была возможно дальше от горы. Принимая землю за тело правильной формы, несколько сплющенное при полюсах, мы, на основании астрономических наблюдений над звездами в начальном пункте триангуляции и на основании геодезических измерений, подобных тем, о которых было сказано в § 43, можем, пользуясь теоретическими соображениями, определить направление отвесной линии для какого угодно пункта триангуляции, а следовательно также и для некоторой точки, находящейся вблизи вышеупомянутой горы и являющейся вершиной одного из треугольников, входящих в состав триангуляции. Определенное таким образом направление отвесной линии называется геодезическим отвесом. Однако, для точки, находящейся вблизи горы, истинное направление отвесной линии, определяемое свободным падением тел, должно отличаться от направления геодезического отвеса вследствие того, что притягательное действие горы оказывает влияние на направление свободного падения тел. Это направление может быть определено из чисто астрономических наблюдений, и оно носит название астрономического отвеса. Астрономический отвес составляет очень небольшой угол с геодезическим отвесом, и этот угол называется отклонением отвесной линии. Так как направление геодезического отвеса определяется притяжением земли при допущении, что она имеет некоторую правильную форму, а на направление астрономического отвеса влияет, как мы уже сказали, притяжение горы, то на основании некоторых математических соображений, отклонение отвесной линии можно представить в зависимости от отношения веса горы к весу всей земли. Зная, из каких пород состоит гора, и допуская, что она имеет совершенно правильную геометрическую форму, мы легко можем вычислить вес горы. А в таком случае по отклонению отвесной линии мы сможем вычислить также и вес всей земли. Однако, для нас интереснее знать среднюю плотность земли. Это мы можем сделать на основании соображений, изложенных в главе о луне. Оказывается, что средняя плотность земли по отношению к воде равна 5,6. Так как плотность горных пород, входящих в состав земной коры равна приблизительно 2,8, то мы можем сделать заключение, что действительная плотность различных слоев земли увеличивается по мере приближения от поверхности земли к центру.

§ 49. Зодиакальный свет.

В некоторые ночи можно наблюдать на фоне темного неба слабое сияние, форма которого напоминает пирамиду или конус. Это так называемый зодиакальный свет. В северных местностях он наблюдается редко и пред-

ставляется настолько слабым, что может быть замечен только очень опытным наблюдателем. В экваториальных же странах это сияние бывает видно очень часто и обладает уже гораздо более значительной яркостью. Зодиакальный свет появляется обыкновенно весной по вечерам. Он поднимается на западе. Всего ярче он бывает у горизонта; впрочем, благодаря тому, что прилегающие к земной поверхности слои земной атмосферы обычно бывают весьма богаты водяными парами, это усиление иногда бывает мало заметно. Зодиакальный свет, повидимому, лежит в плоскости эклиптики. По всей вероятности, зодиакальный свет представляет собою скопление очень маленьких телец, окружающих солнце и посылающих нам слабый отраженный солнечный свет. Однако, вполне точных сведений о происхождении зодиакального света мы до сих пор не имеем.

ГЛАВА VI.

Солнечные и лунные затмения.

§ 50. Условия возможности солнечных и лунных затмений.

В нашей солнечной системе все планеты, а также их спутники суть тела темные, и если они представляются нам светящимися, то лишь от того, что они посылают на землю отраженный солнечный свет. Будучи телами темными, планеты и спутники, естественно, должны отбрасывать тень в сторону, прямо противоположную солнцу.

Обыкновенно этой тени мы не видим, но если какое-нибудь небесное тело попадает в то пространство, куда другое небесное тело отбрасывает свою тень, то первое из них исчезает для наших глаз, так как на него в это время не может упасть ни один солнечный луч. Такого рода небесные явления называются затмениями. Таким образом может затмеваться луна, когда она попадает в тень, отбрасываемую землей. В этом случае луна действительно лишается своего света и потому перестает быть видимой. Но с другой стороны наш спутник при своем движении вокруг земли может занять положение между землей и солнцем и иногда может заслонить от наблюдателя солнечный свет. В этом случае солнце не лишается своего света, но наблюдатель, попадая в тень, отбрасываемую луной, куда не могут упасть лучи солнца, перестает видеть это последнее. Такого рода небесное явление называется солнечным затмением.

Разберем более подробно условия, при которых случаются как лунные, так и солнечные затмения. На рис. 64-м *Sun* есть солнце, JLK — земля, при чем JL есть северная часть земного шара, а LK — южная. Земля отбрасывает в сторону, противоположную солнцу, тень. Чтобы луна M' могла погрузиться в эту тень, и чтобы, следовательно, могло

произойти лунное затмение, центры солнца, земли и луны должны быть на одной линии, и кроме того земля должна находиться между солнцем и луной. Мы знаем, что такое положение луны называется ее противостоянием с солнцем, и в это время имеет место полнолуние, т. е. луна представляется в виде полного круга. Следовательно, лунное затмение может произойти только во время полнолуния.

С другой стороны, чтобы луна M могла отбросить тень на землю, и чтобы произошло солнечное затмение, центры солнца, луны и земли опять должны находиться на одной прямой линии, но только в этом случае луна должна находиться между солнцем и землей. Такое положение луны, как мы знаем, называется ее соединением с солнцем, и в это время имеет место новолуние, т. е. луны на небе совсем не видно. Следовательно, солнечное затмение может произойти только во время новолуния.

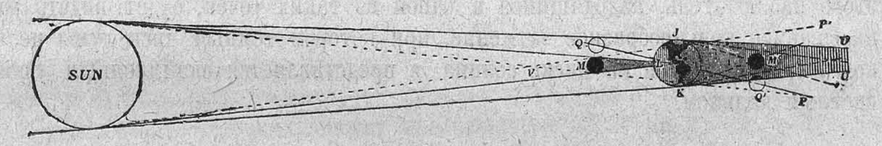


Рис. 64. Схема затмений.

§ 51. Полные и частные затмения.

Солнечное затмение из различных точек земной поверхности в один и тот же момент усматривается в различном виде. Так, около точки L, в той части земной поверхности, куда падает тень от луны, солнечный свет будет совсем скрыт от наблюдателя. Значит, здесь наблюдатель увидит так называемое полное солнечное затмение. В тех же местах земной поверхности, которые лежат между точками J и K с одной стороны и пунктирными линиями с другой, ни один луч солнца не будет скрыт от наблюдателя, и, следовательно, здесь вовсе солнечного затмения не будет. Наконец, в местах земной поверхности, лежащих между пунктирными линиями с одной стороны и границами тени с другой, часть солнечного диска будет скрыта от наблюдателя, а другая часть будет видна. Таким образом в этих местах произойдет так называемое частное затмение солнца. При этом из чертежа легко усмотреть, что для жителей северного полушария земли будет скрыта нижняя, или южная часть солнечного диска, для жителей же южного полушария будет скрыта верхняя, или северная часть солнечного диска.

Что касается луны, то она тоже иногда погружается в тень, отбрасываемую землей, не вся, и в таком случае наблюдается частное затмение луны. Посмотрим же, когда это может произойти. В предыдущем параграфе предполагалось, что во время полнолуния или новолуния центры солнца, луны и земли лежат в точности на одной прямой линии. Но может случиться, что во время полнолуния или новолуния центр луны находится хотя и близко к линии, соединяющей центры солнца и земли, но все же несколько выше или

ниже ее. Положим, что во время полнолуния луна занимает положение Q'. В таком случае она лишь небольшою своею частью может погрузиться в тень, отбрасываемую землей, и мы будем наблюдать частное лунное затмение.

Рассмотрим еще один особый вид частного солнечного затмения. Луна при своем движении вокруг земли бывает на различных от нее расстояниях, и потому тень, отбрасываемая луной в сторону, противоположную солнцу, во время одного новолуния может достигнуть поверхности земли, и тогда с точек земной поверхности, попавших в эту тень, наблюдается полное солнечное затмение; во время же другого новолуния лунная тень может немного не дойти до земной поверхности. В этом последнем случае ни один наблюдатель, находящийся на поверхности земли, не будет наблюдать полного солнечного затмения, но для тех точек земной поверхности, которые находятся вблизи продолженной оси лунной тени, имеющей форму конуса, видимый поперечник луны будет меньше видимого поперечника солнца, и вследствие этого наблюдатель, находящийся в одной из таких точек, будет видеть так называемое кольцеобразное затмение, при котором темный диск луны целиком вырисовывается на диске солнца и представляется окаймленным узким светлым кольцом.

§ 52. Различия между солнечными и лунными затмениями.

Между лунными и солнечными затмениями имеются существенные различия. Прежде всего, когда луна целиком или частью вступает в тень, отбрасываемую землей, она действительно лишается света, который получает от солнца, и потому во всех тех местах, где в это время луна находится над горизонтом, одновременно наблюдается лунное затмение и притом в одном и том же виде для всех мест, т. е. или всюду наблюдается полное лунное затмение, или опять-таки всюду частное, при чем в этом последнем случае для всех мест представляется в один и тот же момент покрытой одинаковая часть лунного диска. Что же касается солнечного затмения, то оно, как мы видели, в один и тот же момент представляется для одних мест в виде полного, для других в виде частного и, наконец, в третьих затмение вовсе не наблюдается. При этом нужно заметить, что полное солнечное затмение может быть наблюдаемо лишь с весьма узкой полосы, шириною около 140 верст.

Другое различие между солнечными и лунными затмениями заключается в том, что, как легко сообразить, при солнечном затмении тень надвигается на солнечный диск с его западного края. При лунном же затмении луна начинает вступать в тень, отбрасываемую землей, своим восточным краем. Это вытекает из того, что луна, как все небесные тела, движется с запада через юг на восток.

Далее необходимо указать еще на одну особенность лунных затмений. Даже во время полных лунных затмений луна почти никогда не исчезает совершенно, а обыкновенно бывает заметна в виде темнобурого диска. Это явление об'ясняется тем, что часть солнечных лучей, преломившись в земной

атмосфере, попадает в конус тени, отбрасываемой землей, и хотя в весьма незначительной степени, но все же освещает лунный диск.

Далее солнечные затмения отличаются от лунных также своею продолжительностью. Продолжительность того или другого затмения может быть определена при помощи не очень сложных вычислений по известным скоростям движения солнца и луны. Оказывается, что наибольшая продолжительность полного солнечного затмения составляет 7 минут 40 секунд, но это бывает очень редко, и обыкновенно полное солнечное затмение продолжается гораздо меньше, очень часто не более двух минут. Кольцеобразное солнечное затмение при наивыгоднейших условиях может продолжаться 12 минут 24 секунды. Продолжительность же солнечного затмения вообще, т. е. промежуток времени от первого вступления лунной тени на солнечный диск до окончательного ее схождения с этого диска, составляет около 5 часов.

Продолжительность лунного затмения вообще, т. е. промежуток времени между первым вступлением луны в тень, отбрасываемую землей, и последним ее выхождением из этой тени, равняется приблизительно четырем часам; продолжительность же полного лунного затмения, т. е. промежуток времени, в течение которого луна всецело находится в земной тени, при наивыгоднейших условиях, может продолжаться около двух часов, и этим полное лунное затмение существенно отличается от полного солнечного затмения.

§ 53. Задачи, преследуемые при наблюдении затмений.

Во все времена и у всех народов затмения вообще, и в частности полные солнечные затмения, производили на зрителей весьма сильное впечатление. В прежние времена, а у диких народов еще и теперь, затмения всегда наводили и наводят на зрителей суеверный страх, и цивилизованные путешественники, попавшие к диким народам, неоднократно пользовались предсказаниями затмений для достижения тех или других целей. В настоящее же время у культурных народов даже так называемая большая публика в огромном большинстве случаев видит в затмениях лишь красивое небесное явление, которым любуется, не ощущая никакого страха и не усматривая в этом борьбы двух начал—доброго и злого, как это имело место в воззрениях некоторых древних народов.

Для астрономов же всякое затмение не представляет лишь красивую иллюстрацию неизменных законов движения небесных тел, но является могучим средством для разрешения тех или других астрономических задач. По важности этих задач на первом месте должны быть поставлены полные солнечные затмения, которые, кстати сказать, оказывают сильное влияние на всю природу. Еще за несколько минут до наступления полного солнечного затмения, когда остается непокрытым лишь небольшой серп солнечного диска, солнечный свет как бы преобразовывается и скорее напоминает слабый свет кальция, чем действительный свет солнца. С наступлением темноты все животные чувствуют себя удрученными и стремятся куда-нибудь спрятаться.

Температура понижается на несколько градусов, и иногда даже появляется роса. Если наблюдатель расположен так, что перед ним открыт горизонт на далекое расстояние с западной стороны, то он может видеть приближение лунной тени. Она движется с ужасающей быстротой и, наконец, покрывает самого наблюдателя. На всякой белой поверхности появляются волнообразные полосы, попеременно светлые и темные, которые также перемещаются с большой скоростью и которые до сих пор еще не имеют удовлетворительного об'яснения.

Во время полного солнечного затмения на темном фоне неба вокруг покрытого луной солнечного диска появляются наиболее яркие звезды, а также планеты, находящиеся вблизи солнца. Случайно в это время могут быть открыты новые планеты и кометы. Впрочем, открытие яркой планеты, близкой к солнцу, в настоящее время считается весьма мало вероятным, и этой задаче астрономы во время полных солнечных затмений уделяют весьма мало внимания. Главной же задачей астрономов во время полных солнечных затмений является изучение солнечной атмосферы и в частности солнечной короны. Но об этом уже было сказано в главе о солнце.

Кольцеобразные и частные солнечные затмения, а также лунные затмения представляют менее интереса, чем полные солнечные. Именно, наблюдение всякого затмения, произведенное в прошлом, может быть полезным прежде всего для хронологии, так как, если некоторое событие имело место в год какого-нибудь затмения, то год и день этого события может быть установлен вполне точно по астрономическим вычислениям.

Далее наблюдение всякого затмения представляет лучшее средство исправлять так называемые таблицы солнца и луны, т. е. такие таблицы, в которых даются положения этих небесных тел.

§ 54. Предсказания затмений.

Предсказания затмений в настоящее время производятся на основании точного изучения движений земли вокруг солнца и луны вокруг земли, при помощи более или менее сложных вычислений. Предсказание лунного затмения является задачей более простой, в виду того, что лунное затмение одновременно наблюдается в одинаковом виде со всех точек земной поверхности, над горизонтом которых луна находится в данный момент. Более сложную задачу представляет предсказание солнечного затмения. Для всякого солнечного затмения обыкновенно заранее приготовляется подробная карта с указанием пути лунной тени по земной поверхности, дающая возможность для каждого места, где вообще затмение может быть видимо, определить время его начала, середины и конца. Построение такой карты требует многих специальных знаний, пользование же ею весьма просто. На такой карте прежде всего отмечается узкая полоса, простирающаяся приблизительно в направлении с запада на восток и представляющая собой ту часть земной поверхности, для которой затмение должно быть полным. К северу и к югу от этой полосы простираются области, для которых затмение будет только частным. Эти

области с севера и юга ограничены так называемыми северной и южной предельными кривыми, и для всех точек, лежащих за этими кривыми, никакого затмения не произойдет. Вся часть земной поверхности, откуда вообще видно

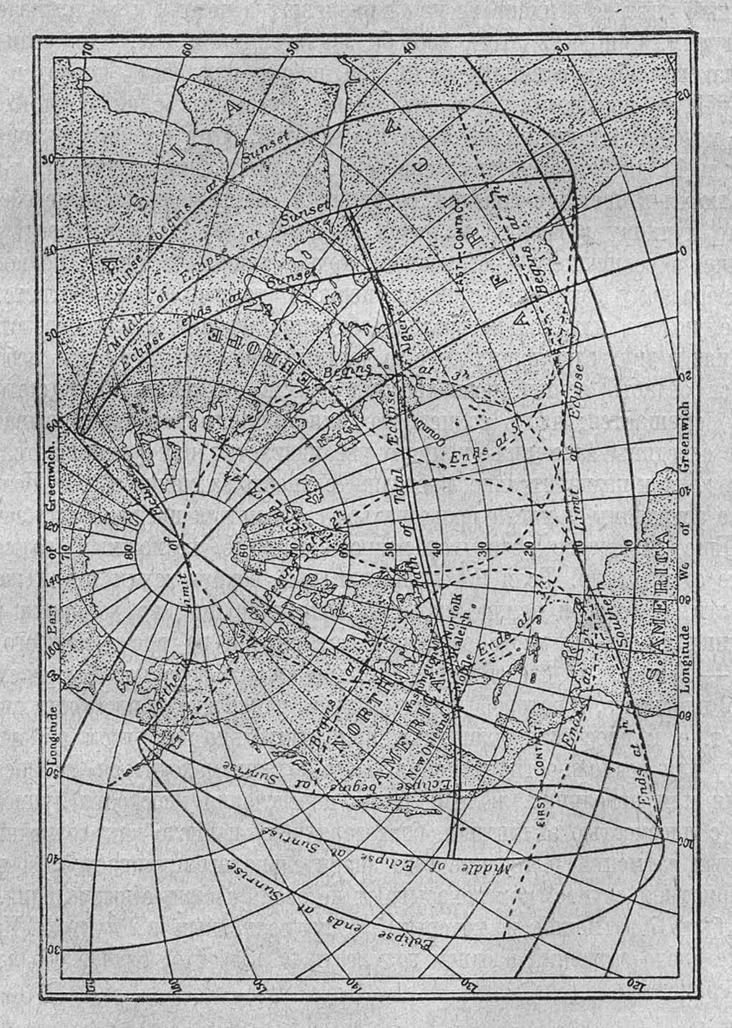


Рис. 65. Карта затмения 28 мая 1900 г.

солнечное затмение, с запада и востока ограничена западной и восточной предельными кривыми. Для точек, находящихся на западной границе, затмение кончается при восходе солнца; для точек, находящихся на восточной границе, затмение начинается при заходе солнца. Следовательно, в пунктах земной поверхности, лежащих за этими границами, опять солнечное затмение совсем не наблюдается. Вполне понятно, что чем ближе какая-нибудь точка находится

к полосе полного солнечного затмения тем большая часть солнечного диска будет для нее покрываться в середине затмения.

Древние астрономы предсказывали затмения другим более простым, но, конечно, и более грубым способом, который, однако, представляет значительный интерес и имеет не малое значение, а потому и заслуживает быть упомянутым. Сущность этого способа заключается в том, что, если мы от даты какого-нибудь затмения отсчитаем вперед или назад период в 18 лет и 11 дней, то мы получим дату некоторого другого затмения, в общих чертах вполне подобного тому, от которого мы исходим. Этот промежуток времени в 18 лет и 11 дней называется «саросом». По истечении сароса все затмения повторяются в прежнем порядке, сохраняя в общих чертах свои особенности, так что лунному затмению в новом периоде будет соответствовать лунное затмение, а солнечному — солнечное; точно также частному, полному или кольцеобразному затмению в новом периоде также будет соответствовать частное, полное или кольцеобразное затмение. Различия в соответственных затмениях в двух следующих друг за другом периодах будут очень небольшие. Так, вся область земной поверхности, откуда затмение наблюдается, несколько смещается; часть солнечного или лунного диска, покрываемая в момент середины затмения, немного увеличивается или уменьшается; изменяется, хотя и незначительно, продолжительность затмения и т. п. Поэтому-то древние астрономы и могли пользоваться саросом для предсказания затмений.

Еще интересно коснуться вопроса о числе возможных затмений в течение одного года. Если бы луна двигалась вокруг земли в той же самой плоскости, в которой земля движется вокруг солнца, то во время каждого новолуния имело бы место солнечное затмение и во время каждого полнолуния — лунное, и, следовательно, затмения наблюдались бы ежемесячно. Однако, плоскость, в которой движется луна, наклонена к плоскости движения земли, т. е. к плоскости эклиптики, приблизительно под углом в 5 градусов. Поэтому для возможности затмения луна должна находиться, во время полнолуния или новолуния, вблизи линии пересечения плоскости лунного движения с плоскостью эклиптики, благодаря чему и число как солнечных, так и лунных затмений в течение года значительно ограничивается, и в самом благоприятном случае, как показывают не очень сложные вычисления, в году может быть 7 затмений, из которых 5 будут солнечных и 2 лунных. Наименьшее же число затмений в одном году есть 2, и в этом случае оба затмения будут солнечные.

ГЛАВА VII.

Кометы и падающие звезды.

§ 55. Общие сведения о кометах.

Изредка на небе появляются довольно яркие светила, имеющие совершенно особенный вид и потому привлекающие всеобщее внимание. Это так называемые кометы, которые представляют собою туманную массу с исходящим из нее довольно длинным хвостом. Однако, кометы, доступные наблюдениям невооруженным глазом, относятся к очень редким небесным явлениям, и по большей части кометы представляют собою весьма слабые телескопические светила, имеющие вид расплывчатого туманного пятна. Если кометы, доступные невооруженному глазу и развивающиеся в пышные светила с длинным хвостом, привлекают к себе внимание даже таких зрителей, которые обыкновенно остаются равнодушными к картине звездного неба, то кометы вообще во всяком случае возбуждают живой интерес среди астрономов, что об'ясняется многими их отличительными особенностями, не встречающимися ни в каких других небесных телах. Появляются кометы совершенно неожиданно и потому нередко открываются любителями астрономии, не производящими каких-нибудь специальных работ, но занимающимися систематическим обозрением неба. Очень часто кометы отличаются чрезвычайно быстрым передвижением среди звезд. Но наиболее всего поражает в них их внешний вид. Если число очень ярких комет не велико, то телескопических комет в среднем ежегодно открывается около 5. До изобретения астрономической трубы могли наблюдаться только очень яркие кометы, и в древних летописях мы находим до 500 указаний на появление таких небесных светил. Они всегда вызывали суеверный страх и считались предзнаменованием какого-нибудь несчастья. Если принять во внимание, что, вероятно, далеко не все телескопические кометы открываются астрономами, так как нередко период, в течение которого комета может быть видима, бывает очень непродолжительным, и кроме того от внимания астрономов, вследствие недостаточности астрономических обсерваторий в южном полушарии, легко могут ускользнуть слабые кометы, доступные, по своему положению на небе, лишь для наблюдателей этого полушария, то можно согласиться с утверждением Кеплера, что комет на небе так же много, как рыб в море.

Некоторые кометы входят в состав нашей солнечной системы, являясь постоянными ее членами и обращаясь вокруг солнца по эллиптическим путям. Однако, движение комет существенным образом отличается от движения планет. В то время как пути планет мало отличаются от окружностей кругов, кривые, описываемые кометами вокруг солнца, характеризуются обыкновенно очень большою вытянутостью. Далее планеты бывают доступны для наблюдения в различных частях своего пути; что же касается комет, то даже те их них, которые являются постоянными членами солнечной си-

стемы, могут быть наблюдаемы лишь на небольшой части своего пути вблизи солнца; удаляясь же от солнца на известное расстояние и двигаясь по наиболее удаленной части своего пути, они совершенно перестают быть видимыми даже в сильнейшие телескопы.

Мы знаем, что все, по крайней мере, большие планеты движутся в плоскостях, наклоненных под небольшими углами к плоскости эклиптики, в которой происходит движение земли вокруг солнца, и если некоторые астероиды в этом отношении представляют исключение, то все же и для них углы наклонения плоскостей их движения к плоскости эклиптики не превосходят некоторого предела. Плоскости же движения комет могут быть наклонены к плоскости эклиптики под всевозможными углами. Далее необходимо отметить, что среди комет нередко встречаются такие, которые совершают свое движение вокруг солнца в так называемом обратном направлении, т. е. с востока через юг на запад, в то время, как все планеты, не исключая и астероидов, обладают прямым движением, т. е. в направлении с запада через юг на восток.

Такие кометы, которые движутся по эллиптическим путям, через определенные промежутки времени, когда они снова возвращаются на ближайшую к солнцу часть своего пути, опять делаются доступными для наблюдений. Эти кометы называются периодическими. Число периодических комет очень невелико; большая же часть этих своеобразных светил движется по разомкнутым параболическим путям, так что, появившись раз в нашей солнечной системе и обогнув солнце, они затем удаляются в мировое пространство с тем, чтобы больше не возвращаться в пределы планетной системы. Такие кометы, следовательно, являются только случайными гостьями в нашей солнечной системе.

Относительно происхождения комет существуют два взгляда. Один из них предполагает, что кометы представляют собой космические туманные массы, носящиеся в мировом пространстве и иногда попадающие в сферу действия нашей планетной системы. На основании этого взгляда параболическая кривая является вполне естественным видом пути кометы, и лишь в некоторых случаях, когда комета проходит очень близко от какой-нибудь большой планеты, под возмущающим влиянием этой последней, параболический путь кометы может преобразоваться в эллиптический. Другой взгляд устанавливает ту точку зрения, что кометы представляют собою туманные массы, носящиеся в пределах солнечной системы, и что первоначальным видом пути всякой кометы является эллиптическая кривая, и лишь под влиянием возмущающего притяжения той или другой большой планеты большинство этих путей из эллиптических превращаются в параболические, благодаря чему такие кометы должны покинуть навсегда планетную систему.

§ 56. Развитие формы кометы и образование хвоста.

В настоящее время комета в момент открытия очень редко обладает вполне развитой формой и заметным хвостом. В таком виде кометы откры-

вались до изобретения зрительной трубы. Теперь же обычно всякая комета, даже и такая, которая впоследствии развивается в пышное светило, в момент открытия представляется в виде слабого туманного пятнышка, иногда даже не имеющего определенных очертаний, с равномерным распределением яркости по всей площади этого пятнышка, и притом без всякого намека на хвост. Открывается комета обыкновенно в то время, когда она находится на довольно значительном расстоянии от солнца. По мере же при-

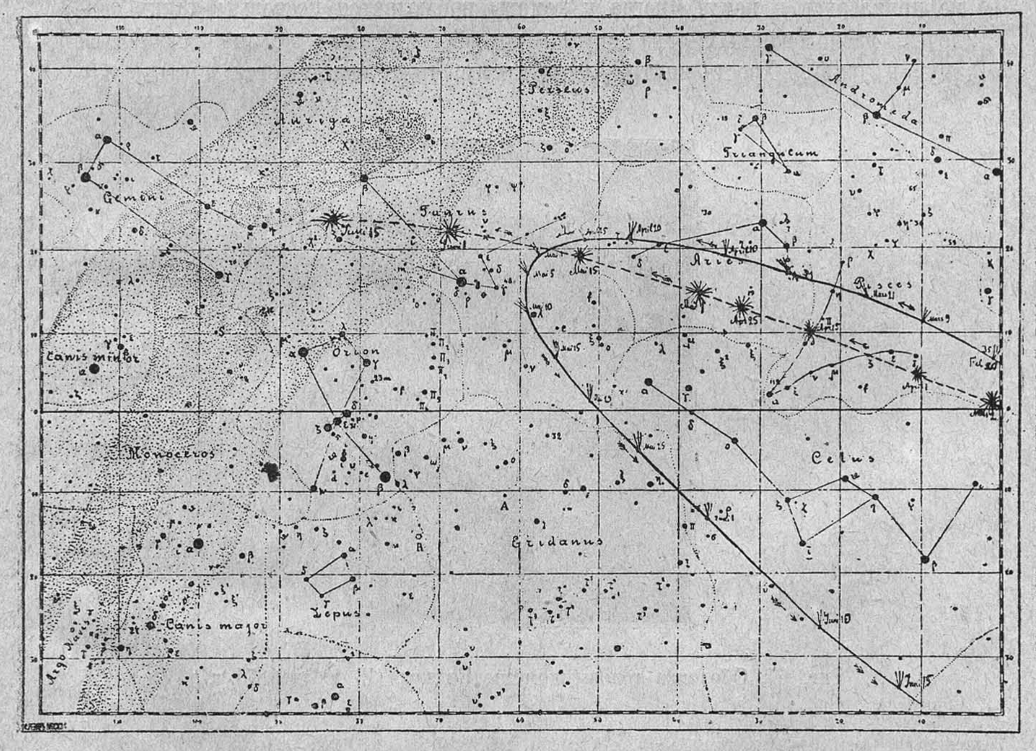


Рис. 66. Путь кометы среди звезд.

ближения к солнцу вид кометы меняется и притом иногда очень значительно. Прежде всего в туманной массе образуется ядро или голова, по величине и яркости напоминающая неподвижную звезду. Это ядро попрежнему окружено туманной массой, и из ядра начинают исходить светлые истечения, направленные сначала в сторону солнца, но потом скоро заворачивающиеся и обволакивающие таким образом ядро кометы светлой оболочкой. При дальнейшем развитии оболочка постепенно переходит в хвост, направленный в сторону, противоположную солнцу. Наиболее значительного развития форма кометы достигает через несколько времени после прохождения кометы через точку ее пути, ближайшую к солнцу и называемую перигелием. Описанные явления наблюдаются у больших комет; телескопические же кометы,

особенно если расстояние их от солнца при прохождении через перигелий достаточно велико, очень часто не обнаруживают заметных изменений в своей форме, и иногда у них даже не образуется никакого хвоста. Во всяком случае у телескопических комет вышеописанные явления выражаются не так резко. Оболочки комет имеют разнообразную форму; но очень часто они своим видом напоминают стеклянный колпак, подобный тому, которым покрываются часы, устанавливаемые на камине в гостиной или кабинете. Такая оболочка оказывается внутри пустой. Она обволакивает ядро кометы, не прикасаясь к нему. Иногда у кометы наблюдается несколько таких оболочек, расположенных одна внутри другой и также не прикасающихся друг к другу. Хвост внутри, повидимому, тоже оказывается пустым или

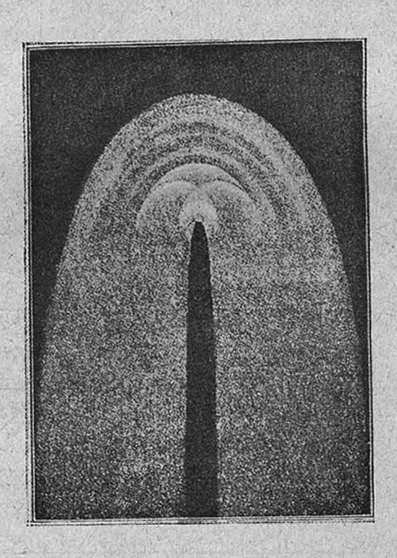


Рис. 67. Оболочка головы кометы Коджия (13 июля 1874 г.).

полым; по крайней мере обыкновенно оболочка или хвост представляются более плотными по краям, чем по середине, что и должно иметь место при условии, если пространство внутри оболочки и хвоста не заполнено материей. Нередко оболочка имеет маятникообразное колебание около прямой линии, соединяющей ядро кометы с солнцем. Хвост кометы, повидимому, образуется из частиц материи, вышедших из головы кометы, и более удаленные от ядра кометы части хвоста состоят из частиц, вышедших из ядра раньше, в состав же частей хвоста более близких к ядру входят частицы, покинувшие ядро кометы позже. Таким образом в смысле образования хвоста можно провести аналогию между кометным хвостом и дымом, выходящим из трубы движущегося парохода. Следовательно, на некотором определенном расстоянии от головы кометы в различные моменты находятся различные частицы, и те из частиц, которые находились на этом расстоянии в определенный момент, в следующие моменты заменяются уже другими, а

сами передвигаются дальше и, в конце концов, совершенно исчезают, удаляясь в мировое пространство. Хвост кометы наибольшей своей длины достигают вскоре после прохождения кометы через перигелий. Известны случаи, когда у кометы имелись два, три или даже несколько хвостов, причем все они обращены вообще в сторону, противоположную солнцу, образуя однако с линией, соединяющей центр солнца с головой кометы, несколько отличные друг от друга углы. Таким образом комета, появлявшаяся в 1744 г. и носящая название кометы Шезо, имела шесть хвостов, расположенных в виде веера. У многих комет наблюдались различные отклонения от типичной формы. Так, у некоторых комет строение хвоста оказывается неоднородным, и в нем замечаются сгущения, узловые образования и даже раз-



Рис. 68. Комета 1843 г. по рисунку Кранца.

рывы. В этом отношении характерна комета Рордама, появившаяся 13 июля 1893 г. Затем достойна упоминания также комета Брукса, наблюдавшаяся в том же 1893 г. и обнаружившая, кроме узлов в хвосте, своеобразное явление искривления хвоста. К таким же кометам относится комета Свифта 1892 г. и некоторые другие. Все такие явления, наблюдаемые в кометных хвостах, легче всего и удобнее всего обнаруживаются при помощи фотографирования кометы. Но, чтобы получить снимок кометы и в особенности ее хвоста на довольно значительном протяжении, фотографирование необходимо производить в течение значительного промежутка времени; так как кометы обладают быстрым движением среди звезд, и так как при фотографировании кометы трубу в течение всего процесса фотографирования необходимо в точности удерживать на комете, то на таких фотографических снимках звезды, окружающие комету, выходят в виде небольших черточек. В некоторых случаях форма кометы и кометного хвоста меняется весьма значительно в течение сравнительно небольших промежутков времени.

Чтобы иметь представление о тех разнообразных формах, в которых представляются различные кометы, на рис. 72 собраны изображения главнейших комет, как наблюдавшихся невооруженным глазом, так и телескопических, при чем внизу рисунка изображена комета Галлея во время ее появления в 684 г., но не так, как она представлялась в действительности, а так, как прежние астрономы вообще представляли себе вид кометы. В верхней части рисунка с левой стороны изображена комета Шезо 1744 г., о которой уже упоминалось выше. О других кометах, изображенных на этом рисунке, будет сказано ниже.

§ 57. Спектр, состав, плотность и яркость комет.

Мы видели, что кометы, как по характеру своего движения, так и по внешнему виду значительно отличаются от других членов нашей солнеч-

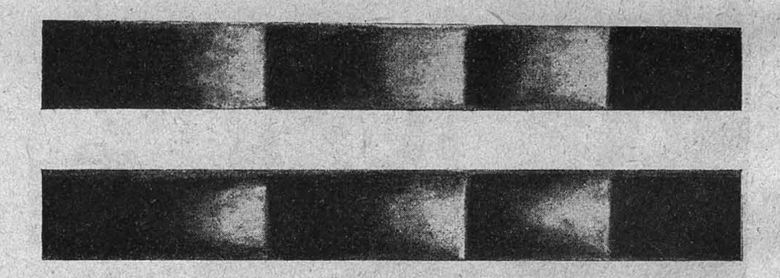
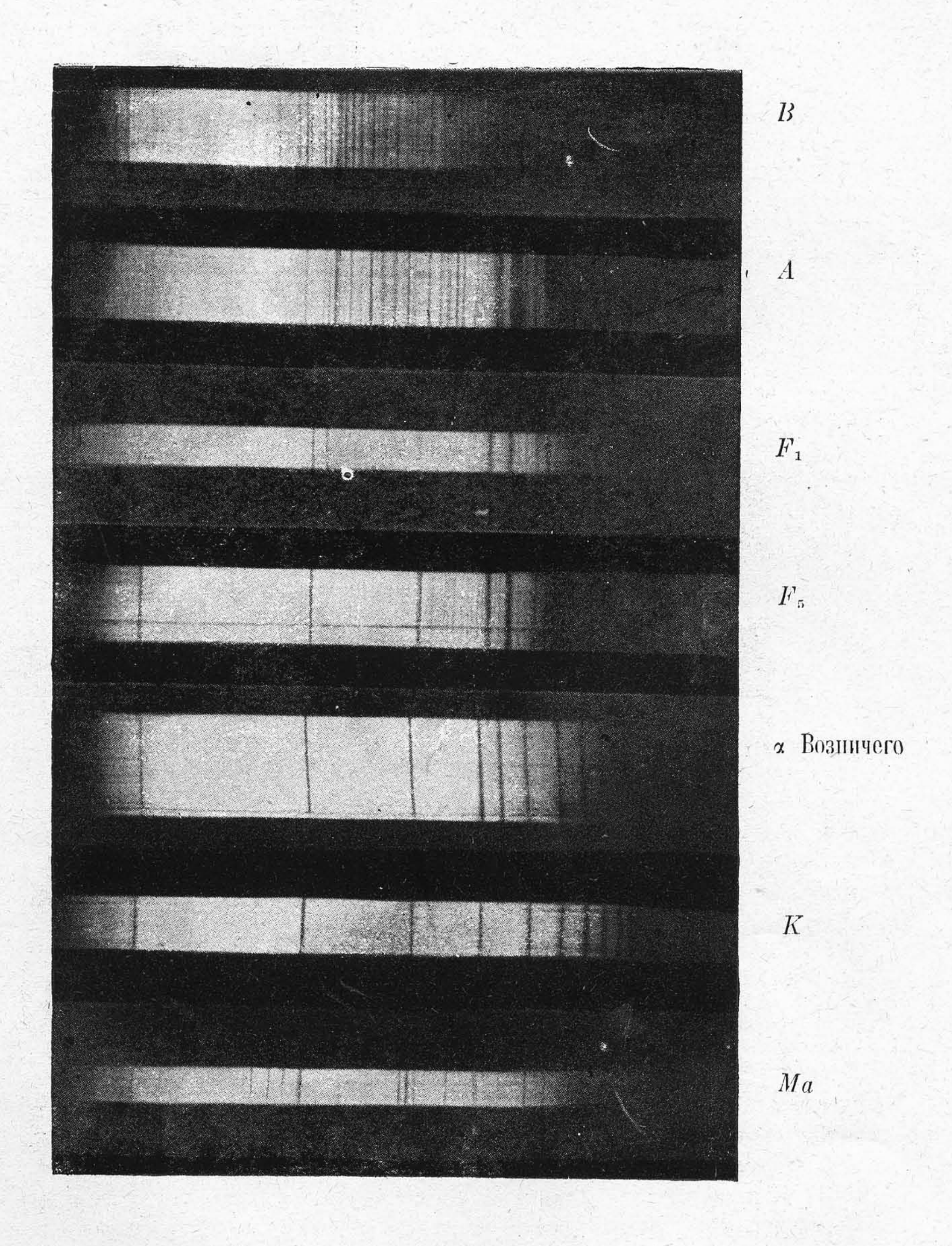


Рис. 69. Спектр кометы (наверху) и спектр углеводорода (внизу).

ной системы. Поэтому тем более интересным является вопрос об определении их физического строения и химического состава. В данном случае может оказать услугу спектральный анализ. Впервые спектр кометы наблюдался в 1864 г. астрономом Донати. После того и в особенности в последнее время к изучению всякой новой кометы применялся спектральный анализ. Оказывается, что спектр кометы обыкновенно состоит из трех светлых, широких полос. Кроме того, этот так называемый полосчатый спектр представляется как бы наложенным на слабый непрерывный спектр. Еще в 1868 г. Геггинс отожествил три только-что упомянутые полосы с полосами, наблюдаемыми в спектре углеводородов. Спектр углеводородов характеризуется пятью полосами в красном, желтом, зеленом, синем и фиолетовом цветах, при чем эти полосы со стороны красного конца спектра резко ограничены, со стороны же фиолетового очень размыты. Длины волн, соответствующие середине каждой полосы, в микромикронах выражаются следующими числами:

I	II	III	IV	V
красная	желтая	зеленая	синяя	фиолетовая
618,8	565,5	516,5	473,7	431,2



Типичные звездные спектры классов

Из этих полос I и V до сих пор с полною достоверностью в спектрах комет не наблюдались, что, повидимому, об'ясняется их сравнительною слабостью. И в лабораториях удавалось при известных условиях настолько ослабить яркость спектра углеводородов, что эти полосы тоже совершенно исчезали. Слабый непрерывный спектр, на фоне которого выделяются характерные полосы углеводородов, имеет весьма различную яркость у различных комет, и у одной и той же кометы его яркость меняется в зависимости от расстояния кометы от солнца. Непрерывный спектр, повидимому, порождается отраженным солнечным светом и указывает на присутствие, по крайней





Рис. 70. Комета Морхауза (1908 г., III).

мере, в голове кометы по всей вероятности мельчайших твердых частичек, способных отражать этот свет. Кроме полос углеводородов, у больших комет во время их прохождения через перигелий, в спектре выступают полосы и линии также других элементов, например, линии натрия, железа и т. п. В первый раз это было замечено у кометы 1882 г. В ее спектре появилась желтая линия, принадлежащая натрию. По мере приближения кометы к перигелию, линия натрия делалась все более и более интенсивной, между тем как яркость непрерывного спектра ослабевала. Затем при удалении кометы от перигелия, наоборот, непрерывный спектр усиливался в яркости, линия же натрия делалась все более слабой. И такое явление всегда имеет

место для комет, в спектре которых появляется линия натрия. Нечто подобное наблюдается и в лабораторных опытах. Именно, если заключить в трубку с кусочками натрия пары углеводорода и нагревать ее, то, по мере нагревания, спектр углеводорода значительно ослабевает сравнительно с ярко выступающей линией натрия. Надо иметь в виду, что и комета, при приближении к солнцу, должна нагреваться.

Таким образом, спектры комет во время прохождения их через перигелий иногда значительно меняют свой вид. Из изучения спектров комет вообще следует заключить, что эти небесные тела, как уже и выше было указано, состоят отчасти из частичек, отражающих солнечный свет, отчасти из светящихся газов и паров, посылающих нам свой собственный свет.



Рис. 71. Комета 1910 э.

Многие кометы, при своем наибольшем развитии, обладают весьма значительными размерами. Это в особенности относится к кометным хвостам, длина которых бывает весьма различна и иногда достигает нескольких миллионов километров. При таком громадном протяжении кометного хвоста в нем распределяется весьма незначительное количество вещества, и, следовательно, кометы представляют собою туманные, весьма разреженные образования, обладающие весьма малою плотностью. Это можно вывести из некоторых непосредственных наблюдений. Именно при таких значительных размерах комет иногда случается, что комета своим хвостом задевает ту или другую из больших планет, и однако при этом никогда не замечалось ни малейшего влияния кометы на движение соответственной планеты. Точно также иногда приходилось наблюдать прохождение самого ядра кометы в непосредственной близости от какой-нибудь планеты, например, через самую систему

спутников Юпитера, и такое прохождение тоже нисколько не нарушало обычного движения спутников. Это указывает нам на то, что количество вещества в кометах слишком ничтожно, и благодаря этому кометы не могут оказывать сколько-нибудь заметного притяжения на другие небесные тела. На крайнюю разреженность и, следовательно, ничтожную плотность вещества, входящего в состав кометы, указывает также неоднократно наблюдавшаяся их прозрачность. При своем движении среди звезд кометы нередко покрывали своим хвостом ту или другую из них, и при этом никогда не наблюдалось ослабление яркости покрываемой звезды, и имеются только указания, что некоторым наблюдателям при таком покрытии удавалось иногда подметить незначительное изменение окраски звезды. Даже через более плотное, повидимому, ядро кометы звезды, покрываемые этим ядром, бывают видны вполне отчетливо, и яркость их не подвергается сколько-нибудь заметным изменениям. Таким образом кометное вещество для наших лабораторных опытов, повидимому, было бы почти совершенно невесомым, и на этом основании иногда кометы называют «видимым ничто».

Интересно коснуться также вопроса о яркости комет. В этом отношении прежде всего действуют общие законы физики, и чем ближе к земле находится комета, тем более яркой она представляется, а так как кометы посылают нам также и отраженный солнечный свет, то яркость их меняется еще в зависимости от их расстояния от солнца. По этим причинам яркость комет меняется в столь значительных пределах, что кометы бывают видимы вообще только не долгое время, когда они находятся на сравнительно небольших расстояниях от земли и солнца. Переходя же при своем движении на более удаленные части своих путей, они постепенно ослабевают в яркости и наконец совершенно перестают быть видимыми

Но как бы точно мы ни знали расстояния данной кометы от солнца и земли, мы никогда не можем заранее вполне точно вычислить яркость кометы при ее прохождении через перигелий и вообще вблизи этого момента, так как на близких расстояниях от солнца, под влиянием этого последнего, в кометах, несомненно, происходят особенные явления, весьма часто сопровождающиеся, как это можно усмотреть и из предыдущего, значительным усилением посылаемого нам кометой собственного света, что и не может быть учтено вследствие незнания тех законов, по которым такое усиление происходит.

§ 58. Деление кометных хвостов на типы.

Мы видели, что хвост у кометы начинает образовываться в то время, когда комета на своем пути вокруг солнца начинает приближаться к перигелию. Наибольшего развития хвост достигает вскоре после прохождения кометы через перигелий. Затем, при дальнейшем движении кометы протяжение хвоста начинает постепенно уменьшаться, и наконец хвост совершенно исчезает. С другой стороны выше было также указано, что образо-

вание хвоста начинается с того, что из головы кометы появляются истечения вещества, сначала направленные к солнцу и затем вскоре заворачивающиеся и направляющиеся в сторону, противоположную солнцу, как будто частицы вещества, идущие на образование хвоста, отталкиваются солнцем, подчиняясь какой то силе, в нем заключающейся. Мысль искать в солнце причину образования кометного хвоста впервые была высказана Ольберсом и Бесселем. Цельнер высказал предположение, что природа этой силы должна

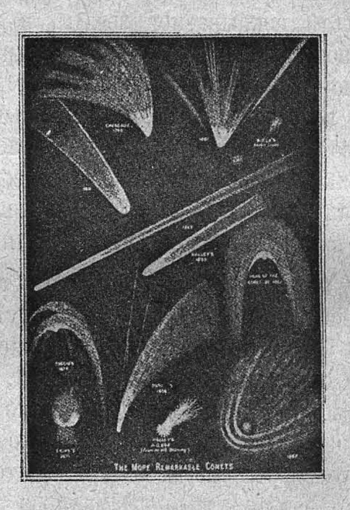


Рис. 72. Типы комет.

быть аналогична природе электрических сил. Но особенно много вопросом об образовании кометных хвостов занимался русский астроном, покойный академик Бредихин. Он детально разработал механическую теорию образования кометных хвостов. Изучив большое число комет, Бредихин разделил все кометные хвосты на три типа. К первому типу относятся очень длинные и весьма узкие хвосты, направление которых почти совпадает с продолжением линии, соединяющей центр солнца с кометным ядром. Ко второму типу по Бредихину принадлежат хвосты более изогнутые, несколько отклоненные от линии, соединяющей центр солнца с кометным ядром, в ту сторону, откуда движется комета; хвосты второго типа составляют с только что упомянутой линией угол приблизительно градусов в 30, и они обыкновенно бывают значительно короче хвостов первого типа. Наконец, к третьему типу относятся хвосты, составляющие с линией, соединяющей центр солнца с кометным ядром, почти прямой угол. Они отклонены, подобно хвостам второго типа, в сторону, откуда движется комета. Хвосты третьего типа являются наиболее короткими и самыми широкими из всех. Бредихин, на основании своей механической теории образования хвостов, показал, что необходимо предположить в солнце присутствие отталкивательной силы, и что раз-

личие между хвостами трех типов обусловливается различной интенсивностью этой отталкивательной силы и различным составом хвостов. Необходимо иметь в виду, что одновременно с отталкивательной силой, являющейся причиной образования хвостов, со стороны солнца постоянно действует на комету также и притягательная сила, выражающаяся по закону Ньютона. Отталкивательная сила также изменяется с изменением расстояния кометы от солнца и притом по тому же самому закону, по которому изменяется и притягательная сила. Таким образом при движении кометы и при изменении ее расстояния от солнца отношение отталкивательной силы, служащей причиной образования хвоста того или другого типа, к притягательной силе постоянно остается одним и тем же. Отталкивательная сила, под влиянием которой образуются хвосты первого типа, в среднем, по Бредихину, в 18 раз больше притягательной силы. Для хвоста второго типа отталкивательная сила в 1,1 раз больше притягательной. Наконец, для хвостов третьего типа отталкивательная сила меньше притягательной и составляет приблизительно 0,2 этой последней. Так как для хвостов первого типа отталкивательная сила оказывается весьма значительной, то этим вполне об'ясняется вид хвостов этого типа, а именно их значительная длина и весьма малое отклонение от линии, соединяющей центр солнца с ядром кометы. Соотношением между отталкивательной и притягательной силами также об'ясняется различная степень искривленности хвостов второго и третьего типов. Кроме того, интенсивность отталкивательной силы находится в определенном соотношении с характерными признаками различных химических элементов. Именно, под влиянием отталкивательной силы, значительно превосходящей притягательную, как это имеет место для хвостов первого типа, из головы кометы выбрасываются наиболее легкие элементы, и действительно спектральный анализ обнаруживает в хвостах первого типа присутствие водорода, а изредка также и гелия. Хвосты второго типа состоят уже из более тяжелых элементов, и при помощи спектроскопа мы обнаруживаем в хвостах этого типа присутствие преимущественно углеводородов. Наконец, хвосты третьего типа, в соответствии с этими общими соображениями, состоят из паров тяжелых металлов, и в их спектре иногда наблюдаются даже линии железа.

Кроме трех указанных типов хвостов, Бредихин обратил еще внимание на так называемые аномальные хвосты. Аномальный хвост представляет собою узкое, светлое истечение, направленное всегда в сторону к солнцу, т. е. не подверженное отталкивательной силе, исходящей из солнца. Аномальные хвосты находятся в связи с так называемыми метеорными потоками, о которых речь будет ниже.

Уже выше было указано, что у некоторых комет наблюдалось сразу несколько хвостов. В этом случае различные хвосты обыкновенно принадлежат к различным типам. Когда комета обладает несколькими хвостами, то переход от хвостов одного типа к хвостам другого типа не всегда бывает выражен вполне резко. Замечательно, что хвосты третьего типа никогда не встречаются у комет в виде отдельных образований, и их можно наблюдать обыкновенно только у больших комет лишь в соединении с хвостами пер-

вого и второго типов. Натрий, о котором мы говорили в предыдущем параграфе, обычно встречается в хвостах второго типа.

В заключение этого параграфа необходимо сказать несколько слов о природе отталкивательной силы. Отталкивательная сила солнца относится к разряду полярных сил, каковыми являются силы магнитные и электрические. Известно, что две какие-нибудь частицы, одинаково намагниченные или наэлектризованные, взаимно отталкиваются. Так, и в голове кометы мельчайшие частицы могут, при приближении кометы к солнцу, под влиянием этого последнего наэлектризовываться и отталкиваться в сторону, противоположную солнцу. Впрочем в последнее время шведский физик Аррениус для об'яснения различных небесных явлений, в том числе и для об'яснения образования кометных хвостов, воспользовался давлением света. Действительно, теоретически, а также опытным путем доказано, что световой луч оказывает давление на мельчайшие частицы, которые вследствие этого должны отталкиваться. Это, конечно, применимо и к образованию кометных хвостов.

§ 59. Сведения о главнейших кометах.

Дадим описание некоторых из наиболее известных комет. Мы уже знаем, что кометы можно разделить на периодические, движущиеся по эллиптическим путям, и на непериодические, совершающие движение по разомкнутым, параболическим кривым. Периодические кометы, число которых не превосходит нескольких десятков, могут быть подразделены на группы. Если придерживаться того взгляда, что первоначально все кометы двигались по параболическим путям, и лишь те из них, которые, проходя вблизи какой-нибудь большой планеты, подверглись сильному возмущающему ее влиянию, стали после этого совершать движение по эллиптическим путям, то деление комет на группы и будет находиться в зависимости от того, какая планета, так сказать, вовлекла данную комету в нашу солнечную систему. При этом оказывается, что пути комет, вовлеченных в солнечную систему одной и той же планетой, имеют некоторые общие признаки. Наибольшее число периодических комет входит в группу Юпитера: в этой группе их насчитывается свыше двадцати.

Из всех периодических комет с полною достоверностью можно утверждать, что они стали членами нашей солнечной системы, только о тех, возвращение которых к солнцу наблюдалось уже несколько раз. Таких комет насчитывается всего около 20. Мы здесь упомянем лишь об очень немногих из них.

На первом месте из периодических комет должна быть поставлена комета Галлея. Это—самая старая из известных периодических комет, и ее периодические возвращения к солнцу с достаточной достоверностью можно проследить до начала христианской эры. Особенного внимания заслуживает появление этой кометы, наблюдавшееся в 1682 г. Этот год, в полном смысле слова, может быть назван эпохой научного рождения кометы Галлея, и с

этих пор вообще наступает новая эра в наших знаниях о кометах. Небезынтересно указать, что раньше некоторые ученые не признавали кометы даже за небесные тела и приписывали им земное происхождение. Еще Кеплер, в 1607 г., имел неправильное представление о движении комет и высказывал предположение, что пути комет суть прямые линии. Галлей же в 1682 г., сравнив движение кометы, наблюдавшейся в этом году и получившей название кометы Галлея, с движениями комет, появлявшихся в 1531 и 1607 гг., после некоторых, вообще довольно сложных вычислений, убедился, что это



Рис. 73. Галлей.

были три появления одной и той же кометы. Таким образом впервые было установлено существование периодических комет, и вообще с этих пор на положение комет среди других небесных тел был установлен вполне правильный взгляд. Комета Галлея выделяется из всех других периодических комет прежде всего чрезвычайною вытянутостью своего пути и весьма значительным временем обращения вокруг солнца. Она возвращается к солнцу через каждые 75—76 лет. Период обращения от одного ее появления до другого меняется в небольших пределах вследствие возмущающего влияния больших планет. При прохождении через перигелий комета Галлея подходит к солнцу на расстояние, которое почти в 2 раза меньше, чем расстояние земли от солнца. При наибольшем ее удалении от солнца, ее расстояние приблизительно в 35 раз превосходит расстояние от земли до солнца, и в этом случае она удаляется примерно в два раза дальше, чем Уран. Комета Гал-

лея принадлежит к большим кометам, и при каждом появлении она была видна невооруженным глазом. На рис. 72 по середине таблицы комета Галлея изображена в том виде, в каком она представлялась во время своего появления в 1835 г. С тех пор, как была установлена периодичность этой кометы, астрономы предвычисляли, на основании теоретических соображений, каждое новое ее появление. В последний раз комета Галлея появлялась в конце 1909 г. и в начале 1910 г. Весьма точное предсказание ее прохождения через перигелий во время этого появления, было сделано английскими астрономами Коулем и Кромелином. Обширные вычисления относительно движения этой кометы за промежуток времени с 1835 до 1910 гг. были произведены вычислительным бюро при Русском Астрономическом Обществе под общим руководством автора настоящей книги. Во время последнего своего появления комета Галлея уже далеко не обладала той яркостью, какую она

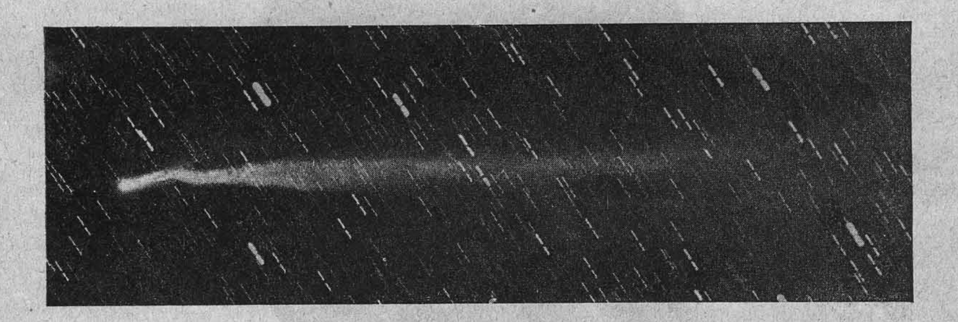


Рис. 74. Комета Морхауза (1908 г., III).

имела во время предшествовавших своих появлений. Наблюдения кометы Галлея в 1835 г. дали много интересных результатов относительно истечений, происходящих из ядра кометы и служащих для образования хвоста.

Из других периодических комет необходимо упомянуть о комете Энке. Впервые она была открыта в 1786 г. Периодичность же ее была доказана лишь в 1818 г. астрономом Энке, который много занимался изучением ее движения, и по имени которого она и называется в настоящее время. Эта комета принадлежит к группе Юпитера и замечательна самым коротким периодом обращения вокруг солнца, равным приблизительно 3½ годам. Комета Энке относится к числу телескопических комет и обладает приблизительно шарообразной формой, при чем ядро ее расположено на значительном расстоянии от центра. В момент прохождения через перигелий комета Энке подходит к солнцу несколько ближе, чем Венера; при наибольшем же своем удалении она несколько не доходит до пути, описываемого Юпитером вокруг солнца. На рис. 72 комета Энке изображена внизу налево, и это изображение представляет комету во время ее появления в 1871 г. Во время последних своих появлений комета Энке была очень слаба и вследствие этого



1. Туманность в созвездии Ориона.



2. Туманность в созвездии Андромеды.

иногда могла быть наблюдаема лишь с большим трудом. Еще сам Энке, изучая движение этой кометы, заметил, что период ее обращения с течением времени несколько уменьшается, и этому соответствовало также уменьшение размеров пути, описываемого кометой вокруг солнца, так что, если бы такое уменьшение продолжалось все время и дальше, то комета, в конце концов, должна была бы упасть на солнце. Для об'яснения такого уменьшения было сделано предположение о существовании достаточно разряженной междупланетной среды, оказывающей сопротивление движению ко-



Рис. 75. Комета Брукса 10 ноября 1893 г. (снимок Барнарда).

меты Энке. Однако представляется непонятным, почему такому сопротивлению подвержена одна комета Энке, а на другие кометы, не говоря уже о планетах, эта сопротивляющаяся среда не оказывает никакого влияния. Впоследствии изучением движения кометы Энке занимались Астен и в особенности покойный директор Пулковской Обсерватории О. А. Баклунд. Этими последующими исследованиями движения кометы Энке было доказано, что непрерывного уменьшения времени обращения кометы вокруг солнца не существует, и что такое уменьшение обнаруживалось лишь в некоторые периоды и могло бы быть об'яснено прохождением кометы через встречавшиеся в такие периоды на пути ее движения метеорные рои.

Большой интерес из периодических комет представляет также комета Биэлы. Она была открыта 28 февраля 1826 г. австрийским офицером Биэлой. Период обращения этой кометы вокруг солнца равен приблизительно

7 годам, и она принадлежит к группе комет Юпитера. Особенное внимание астрономов эта комета обратила на себя во время ее появления в конце 1845 и в начале 1846 года. Правда, в начале она не представляла ничего замечательного и, как и во время всех предшествовавших появлений, имела вид довольно размытого, туманного пятна с небольшим более ярким сгущением в середине и с незначительным хвостом. Однако уже 29 декабря 1845 г. вблизи главного ядра кометы было замечено другое более слабое туманное ядро. Таким образом эта комета на глазах астрономов разделилась на две части. Точно также и во время появления кометы в 1852 г. наблю-



Рис. 76. Комета Донати.

дались два отдельных ядра, расстояние между которыми с течением времени несколько увеличивалось. Каждое ядро обладало самостоятельным небольшим хвостом, и хвосты эти были параллельны друг другу. Оба ядра двигались также по параллельным между собою путям. Кроме того, в этих отдельных частях кометы Биэлы наблюдались значительные изменения яркости, и то одно из ядер было ярче, то другое. Во время следующего появления кометы Биэлы, которое должно было произойти в 1859 г., условия видимости кометы были настолько неблагоприятны, что уже заранее астрономы не имели никакой надежды видеть ее. Однако и после этого комета более не была найдена ни в 1865 г., когда условия ее видимости были весьма благоприятны, ни во время последующих ее приближений к солнцу в 1872, 1879, 1885, 1892 и последующих годах. Повидимому, комета не только разде-

лилась на два отдельных ядра, но в дальнейшем происходило ее разложение на более мелкие части, уже не доступные для наблюдений в виде отдельных образований. Такое разложение кометы было обнаружено при помощи других наблюдений, так что на этот счет не оставалось более никакого сомнения; именно в 1872 и 1885 годах 27 ноября, как раз при прохождении земли через точку пересечения пути кометы с путем земли наблюдались великолепные дожди падающих звезд, о которых мы будем говорить ниже. Таким образом на комете Биэлы с полною очевидностью была установлена связь падающих звезд с кометами. Комета Биэлы в период ее деления на два ядра изображена на рис. 72, в правом верхнем углу.

Из непериодических комет прежде всего упомянем о большой комете 1843 г. В середине марта 1843 г. по вечерам была видна на западной части неба яркая полоса, которая тянулась по направлению экватора и в длину простиралась от горизонта более, чем на 45 град. Уже наблюдения невооруженным глазом приводили к заключению, что это был хвост большой кометы, и такой взгляд находил подтверждение в том, что с помощью зрительной трубы можно было видеть на конце хвоста, совсем вблизи горизонта ядро, которое представляло довольно круглое, похожее на звезду пятно, окруженное туманной оболочкой. В скором времени из южных обсерваторий были получены более подробные сведения, не оставлявшие никакого сомнения в том, что это действительно была большая комета. Истинная длина хвоста этой кометы, во время наибольшего его развития, была лишь немного меньше поперечника земного пути и составляла от 250 до 300 миллионов километров. При этом вблизи ядра хвост был узкий, а к концу он постепенно расширялся, но так медленно, что его ширина даже в самом широком месте едва достигала трех градусов. Точно проследить, где оканчивался хвост, было трудно, так как он постепенно терялся на темном фоне неба. Замечательно, что при необыкновенной длине хвоста ядро у этой кометы было почти совсем незаметно. При прохождении через перигелий эта комета находилась на расстоянии от центра солнца, приблизительно в 100 раз меньшем, чем расстояние земли от солнца. Комета 1843 г. изображена на рис. 72 в середине таблицы, и кроме того отдельно на рис. 68, стр. 119.

Одной из красивейших комет, когда-либо наблюдавшихся, была комета, открытая астрономом Донати во Флоренции 2 июня 1858 г. В день открытия комета представляла слабую, доступную лишь для больших телескопов туманность. Однако уже в конце августа она сделалась доступной для невооруженного глаза, и в это время можно было заметить у нее первые следы хвоста. В сентябре, как яркость кометы, так и длина хвоста, стали быстро увеличиваться. Так как в это время комета восходила до солнца, а заходила после него, то ее можно было видеть как утром, так и вечером, и многие неопытные лица были введены в заблуждение и полагали, что это были две различные кометы. В момент наибольшего своего развития комета обладала тремя хвостами, из которых два хвоста, первого типа, представлялись чрезвычайно узкими. В это время комета Донати представляла чрезвычайно красивую картину. Она изображена в нижней части рис. 72. Наблюдения над истечением из головы этой кометы дали инте-

ресные результаты и ясно обнаружили существование у кометы нескольких параллельных друг другу оболочек.

За последнее время было открыто много интересных комет, и о некоторых из них было уже сказано в § 59. Упомянем еще о комете, появлявшейся в 1910 г., которая обладала довольно длинным хвостом и была доступна для наблюдений невооруженным глазом. Эта комета носит название «первой кометы 1910 года», так как в этом году наблюдались еще и другие кометы, в том числе и комета Галлея. В 1919 г. наблюдалась комета, открытая в начале сентября русским астрономом Селивановым и представлявшая собою туманное, довольно расплывчатое пятно. Эта комета, которая, как стало известно впоследствии, еще 20 августа была замечена в За-



Рис. 77. Комета Брукса с изломом в хвосте.

падной Европе астрономом Меткофом, была доступна для наблюдений невооруженным глазом. Она обладала очень быстрым движением; к концу сентября у нее уже было заметно образование хвоста. Однако дальнейшие наблюдения для жителей северного полушария оказались невозможными, сначала вследствие исчезновения кометы в лучах солнца, а затем вследствие передвижения кометы в южное полушарие.

В 1920 и 1921 годах наблюдалось несколько телескопических комет, некоторые из которых представляли большой интерес с точки зрения их движения. Одна из этих комет была открыта русским астрономом А. Дубягой.

§ 60. Падающие звезды и болиды.

К числу самых замечательных явлений, которые приковывают к себе внимание лиц, любующихся ночным небом, принадлежат, бесспорно, так называемые падающие звезды. Это явление привлекает к себе внимание наблюдателей отчасти своей красотой, особенно когда число падающих звезд

велико, отчасти тем, что падение каждой отдельной звезды постоянно происходит совершенно неожиданно для зрителя: вдруг вырвется одна звездочка из роя других, пролетит с огромною скоростью по небосклону и через несколько мгновений снова исчезнет. Необходимо указать на то, что упоминание об этом красивом явлении мы находим в самых древних сагах и поэтических произведениях. Так, например, в «Илиаде» скорость, с которой боги спускаются на землю с их небесных высот, сравнивается со скоростью падающих звезд. Точно также северный миф не менее поэтично соединяет судьбу людей с падающими звездами. Прядильщица Верпея начинает прясть нить судьбы новорожденного дитяти на небе, и каждая нить одним своим концом прикреплена к звезде. Когда приближается смерть человека, нить обрывается, и его звезда, бледнея, падает на землю.

Падающие звезды, иначе называемые метеорами, представляют собою маленькие космические тела, которые, двигаясь в междупланетном пространстве, попадают в земную атмосферу, вследствие быстрого движения от трения воздуха воспламеняются и обыкновенно совершенно сгорают, не долетая до земной поверхности. Только более крупные из них падают на землю в виде камней. Яркость метеоров бывает весьма различна: некоторые из них превосходят своим блеском Венеру, другие едва заметны. Бывают и такие метеоры, которые доступны для наблюдений лишь в телескопы, и эти так называемые телескопические метеоры, конечно, могут быть наблюдаемы случайно. Точно также совершенно случайно при фотографировании того или другого участка неба, с определенной целью, можно получить на фотографической пластинке изображение метеора в виде узкого прямолинейного следа. Видимые пути метеоров на небе обыкновенно имеют форму дуги с небольшой кривизной. В некоторых исключительных случаях метеоры описывают волнообразные кривые. Время, в течение которого виден метеор, очень мало и в обыкновенных случаях не превосходит нескольких секунд. Нередко метеоры оставляют после себя след в виде блестящего хвоста, который, однако, скоро исчезает. Цвет падающих звезд большею частью бывает белый или желтый, но изредка встречаются и другие окраски, чаще всего попадаются красноватые и зеленые метеоры. Метеоры загораются уже на высоте 150—200 километров, где слои земной атмосферы представляются весьма разреженными. О том, как определяется эта высота, было сказано в § 47. Некоторые из наиболее крупных падающих звезд иногда с треском разрываются на несколько кусков. Такие метеоры, всегда обладающие весьма значительною яркостью, называются болидами. Иногда случается, что разрывы болида сопровождаются падением камней на землю. Эти камни носят название аэролитов или метеоритов. По большей части упавшие на землю камни обладают небольшими размерами и весом. Изредка же упавшие с неба метеориты достигают исключительных размеров и веса. Так в 1492 году 7 ноября в полдень в Энсисхейме, в Верхнем Эльзасе, упал с неба камень весом приблизительно в 150 килограммов.

Все упавшие на землю метеориты могут быть разделены на две группы: одни из них называются сидеритами и характеризуются тем, что состоят почти исключительно из самородного железа; другие носят название

асидеритов и в своем составе железа не содержат. В сидеритах железо всегда встречается в соединении с никкелем, образуя таким образом никкелистое железо. Этим железо метеорного происхождения, т. е. упавшее с неба, отличается от железа земного происхождения, встречающегося в наших горных породах. Благодаря характерному строению сидеритов, можно легко распознать, будет ли случайно найденный на поверхности земли кусок железа метеорного или земного происхождения. Действительно, если из метеорита приготовить плоскую пластинку, отполировать ее и подействовать на ее поверхность азотной кислотой, то на такой пластинке выступают своеобразные перекрещивающиеся полосы, называемые видманштедтовыми фигурами по имени ученого Видманштедта, впервые их открывшего. Таких образований на железе земного происхождения не получается. Происходят видмантштедтовы фигуры вследствие большого содержания никкеля в метеорном железе, и вследствие того, что азотная кислота различным образом действует на железо и на никкель. Таким образом по появлению видмантштедтовых фигур и можно отличить железо метеорного происхождения от железа земного происхождения. Что же касается асидеритов, то они представляют собою камни и имеют характер наших кристаллических пород, только плотность их очень велика. В метеоритах были найдены различные химические элементы, именно: водород, углерод, азот, кислород, сера, натрий, кальций, гелий и другие.

Число падающих на землю метеоритов, несомненно, должно быть весьма значительно. Прежде всего в каждую ясную ночь всякий наблюдатель, внимательно следящий за небом, может заметить несколько вспыхнувших то тут, то там падающих звездочек. Далее, в некоторые определенные дни падающие звезды наблюдаются в весьма значительном количестве в течение всей ночи. Мы уже сказали, что большая часть метеоритов сгорает, не долетев до земли. Кроме того из метеоритов, достигнувших земной поверхности, несомненно, очень многие ускользают от внимания наблюдателей. Надо иметь в виду, что большая часть земной поверхности покрыта водой, и кроме того мы можем иметь сведения только о таких камнях, которые упали недалеко от заселенных мест. Таким образом значительный процент метеорных камней не попадает в руки человека, и вероятность падения аэролита именно в данном месте очень мала. Поэтому число падающих на землю метеоритов должно быть значительно больше, чем можно было бы думать, основываясь на числе найденных метеоритов.

Применяя спектральный анализ к изучению метеоритов, мы убеждаемся, что они дают сплошной спектр, на фоне которого иногда выделяются светлые линии натрия, магния и других элементов. Отсюда мы заключаем, что вспыхнувший и доступный наблюдению метеор представляет собою горящее твердое тело, окруженное раскаленными парами и газами.

Правильно организованные наблюдения за падающими звездами, производимые изо дня в день в течение целого года, приводят к заключению о периодических изменениях числа метеоров, как по часам суток, так и по месяцам. В следующей табличке дано число метеоров, полученное астроно-

мом Шмидтом для различных часов суток на основании многочисленных наблюдений.

Часы.	Среднее число метеоров, наблюдаемых в течение одного часа.
6½ — 7½	4,6
7½ — 8½	5,6
8½ — 9½	6,8
9½ — 10½	8,2
10½ — 11½	9,8
11½ — 12½	11,5
12½ — 13½	13,1
13½ — 14½	14,4
14 ½— 15½	15,0
15½ — 16½	14,8

Эти данные относятся к северному полушарию земли. Увеличение числа метеоров в утренние часы об'ясняется тем, что точка, по направлению к которой движется земля, или так называемый апекс, в утренние часы находится довольно высоко над горизонтом. Таким образом, обращенное к апексу полушарие земли несется навстречу маленьким космическим телам, попадающим в ее атмосферу.

Кроме того, замечено, что во вторую половину года среднее число метеоров, наблюдаемое каждую ночь в течение одного часа, больше чем, соответственное число метеоров, наблюдаемых в первую половину года. Причина этого отчасти та же, что и в предыдущем случае, отчасти заключается в том, что во вторую половину года наблюдается большее число так называемых метеорных потоков, о которых речь будет в следующем параграфе.

§ 61. Метеорные потоки.

В некоторые отдельные ночи число падающих звезд бывает настолько значительно, что это явление обращает на себя внимание даже равнодушных к звездному небу зрителей. Такие богатые падением метеоров ночи бывают, например, около 10—12 августа и в промежутке от 12 до 24 ноября. Очевидно, в эти ночи земля встречается с целыми группами маленьких телец, несущихся в пространстве по определенным путям. Такие группы метеоров называются метеорными потоками. Метеоры же случайные, наблюдаемые в небольшом количестве каждую ночь, носят название спорадических метеоров. Для возможности периодических встреч с землей, повторяющихся с большой правильностью каждый год, мы должны допустить, что группы маленьких телец обращаются вокруг солнца по замкнутым эллиптическим путям. Что же касается спорадических метеоров, то они по пред-

положению движутся вокруг солнца по параболическим кривым. Метеоры, принадлежащие одному и тому же потоку, при видимом своем движении на небе представляются наблюдателю вылетающими как бы из одной точки. Иначе говоря, если видимые их пути нанести на звездную карту, представляющую изображение данного участка неба, и затем эти пути продолжить в обратную сторону, то они пересекутся приблизительно в одной точке. Такая точка называется радиантом. Существование радианта об'ясняется тем, что все метеоры данного потока в действительности движутся по параллельным путям. Доказательством этого могут служить примеры, постоянно встречающиеся в нашей жизни. Так, при прямолинейном железнодорожном пути параллельные между собою рельсы, если мы будем смотреть на них вдаль, кажутся нам сходящимися где-то в очень далекой точке. Точно также, длинная аллея, обсаженная по бокам деревьями, представляется нам вдали суживающейся, а ряды деревьев сходящимися между собою. Нужно, впрочем, заметить, что при большом числе отдельных метеоров, принадлежащих данному потоку, при пересечении путей отдельных метеоров, вообще говоря, получается не одна общая точка, а несколько различных точек, расположенных однако на небольшой площади неба. В таком случае мы говорим уже не о радианте, а о площади радиации. Во всяком случае радиант, или центр площади радиации для каждого определенного потока с течением времени почти совершенно не меняет своего положения. Отсюда каждый периодический метеорный поток получает свое название в соответствии с той звездой, вблизи которой находится его радиант или центр площади радиации. Так, радиант августовского метеорного потока, наблюдаемого около 10—12 августа, лежит в созвездии Персея, около звезды, называемой греческой буквой γ. Отсюда и самый поток получил название потока Персеид. В прежнее время этот поток был весьма богат метеорами и представлял чрезвычайно красивую картину. Однако с течением времени число метеоров в этом потоке постоянно уменьшалось, и в последние годы он уже представляет собою мало заметное для неспециалистов явление. Этот поток иначе называется потоком святого Лаврентия или слезами святого Лаврентия. Далее довольно обильный метеорный поток наблюдается или вернее наблюдался в прежнее время около 13—14 ноября. Особенно красивую картину этот поток представлял через каждые 33 года, именно необыкновенно сильное падение метеоров наблюдалось в 1799, 1833 и 1866 годах. С течением времени этот поток, повидимому, постепенно иссякал, и в настоящее время он тоже уже не представляет прежней грандиозной картины. Но небольшое число метеоров, принадлежащих этому потоку, наблюдается ежегодно. Радиант этого потока лежит в созвездии Льва, между звездами, обозначаемыми греческими буквами γ и μ. Поэтому и самый поток называется потоком Леонидов от латинского слова Leo, что значит Лев.

Еще упомянем о потоке Андромедидов, который наблюдался в конце ноября и радиант которого лежит в созвездии Андромеды. И этот поток с течением времени делался все менее и менее обильным. Что число метеоров в каждом периодическом потоке с течением времени, иногда может быть по истечении больших промежутков времени, уменьшается, это вполне по-

нятно, так как каждый поток должен заключать в себе хотя и очень большое, но все же ограниченное число метеоров, которые при периодических встречах с землею постепенно уничтожаются, сгорая в ее атмосфере.

Необходимо отметить существующую связь между метеорными потоками и кометами. На примере кометы Биэлы, когда вместо ожидавшегося появления кометы, астрономы в конце ноября 1872 г. впервые наблюдали великолепный дождь падающих звезд, такая связь была обнаужена наглядным образом. Подобным же образом установлена связь метеорного потока Персеид с третьей кометой 1862 г. и метеорного потока Андромедидов с первой кометой 1866 г. При этом точные наблюдения обнаруживают весьма большое сходство путей метеорных потоков, связанных с той или другой кометой, и самой кометы, родоначальницы данного потока.

Относительно происхождения метеорных потоков были сделаны предположения с одной стороны итальянским астрономом Скиапарелли, с другой русским академиком Бредихиным. По Скиапарелли комета, при ее движении вокруг солнца, постепенно разлагается на отдельные частицы, которые и растягиваются на значительное протяжение вдоль пути, описываемого кометой, и когда земля, при своем движении вокруг солнца, пересекает такой путь кометы и, встречается с этими космическими частицами, то жители земли и делаются свидетелями дождя падающих звезд. По Бредихину, метеорные потоки получают свое происхождение из упоминавшихся выше аномальных хвостов комет. По его предположению в самой комете существует отталкивательная сила, под влиянием которой частицы выбрасываются из аномальных хвостов и начинают двигаться самостоятельно по путям, в общих чертах сходным с кривой, описываемой кометой, но в частных подробностях несколько отличных друг от друга, в зависимости от интенсивности той силы, с которой они были выброшены из кометы. На основании предположения Бредихина, при помощи теоретических соображений и точных вычислений, легко об'ясняются различные явления, наблюдаемые в метеорных потоках, и потому в настоящее время теория Бредихина о происхождении метеорных потоков получила всеобщее распространение.

ГЛАВА VIII.

Мир неподвижных звезд.

§ 62. Созвездия.

В ясную безлунную ночь небо представляется на первый взгляд усеянным бесчисленным множеством блестящих точек, которые мы называем звездами. Мы уже знаем, что иногда среди этого бесчисленного количества звезд наблюдаются некоторые наиболее яркие светила, перемещающиеся,

нередко довольно быстро, среди остальных. Это так называемые планеты. Все же остальные звезды мы называем неподвижными. Ниже мы увидим, что на небе неподвижного в сущности нет ничего, и что все звезды перемещаются на небе с течением времени, но это перемещение настолько незначительно и настолько незаметно, по крайней мере для невооруженного глаза, что название неподвижных с некоторым правом издавна укоренилась за ними. На первый взгляд кажется, что совершенно невозможно разобраться в этом огромном числе звезд. Однако, на самом деле, как мы увидим ниже,

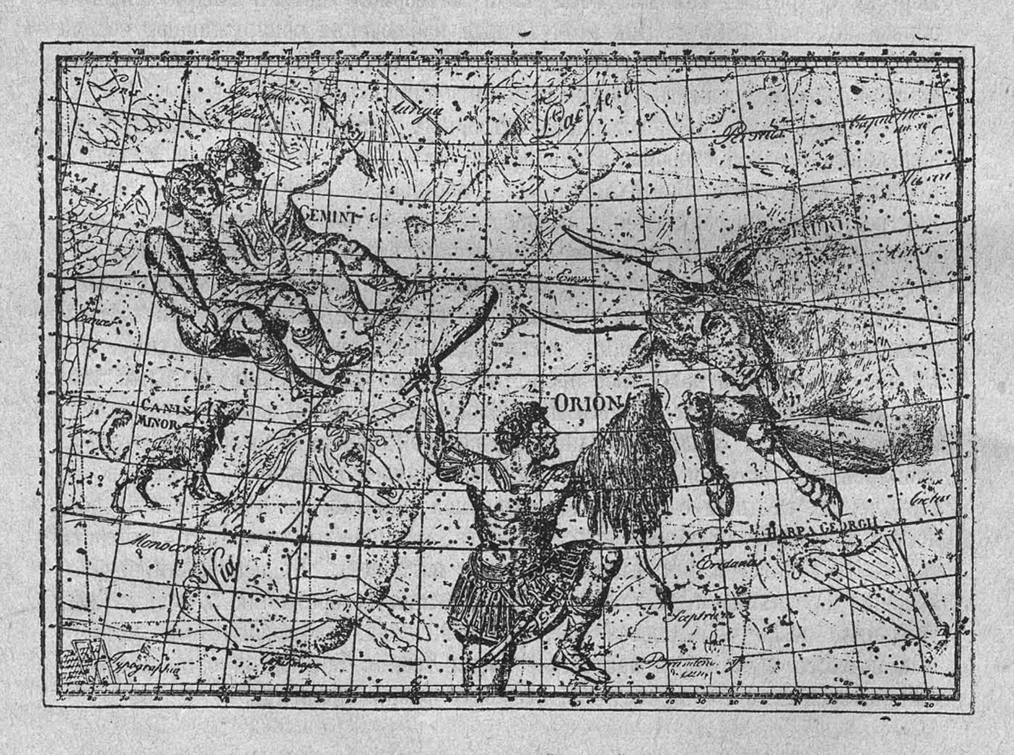


Рис. 78. Изображение созвездий по старинной французской звездной карте.

число звезд, доступных невооруженному глазу, не так уж велико и может быть сосчитано. А в таком случае, конечно, возможно изучить все звездное небо и даже каждую отдельную звезду, видимую невооруженным глазом. И более внимательное наблюдение неба обнаруживает, что по крайней мере наиболее яркие звезды могут быть сгруппированы в отдельные, довольно характерные фигуры, называемые созвездиями. Ознакомиться с этими группами наиболее ярких звезд, или, иначе говоря, с созвездиями, вовсе уж не так трудно, а после этого можно изучить и более слабые звезды, входящие в те же самые созвездия. Деление звезд на созвездия относится к очень древним временам, и древние астрономы в отдельных группах ярких звезд видели изображения или каких-нибудь животных, или мифических героев. Не-

которые созвездия, правда, более позднего происхождения, и им даны названия каких-нибудь предметов, приборов и т. п. Если древние астрономы группировке всех звезд в созвездии придавали реальное значение, то в настоящее время мы должны определенно признать, что деление звезд на созвездия с астрономической точки зрения не имеет под собою никакой научной почвы, и для астрономов положение всякой звезды на небе определяется так называемыми координатами, за которые, например, можно принять, во-первых, угловое возвышение звезды над горизонтом данной местности, и, во-вторых, угол, составляемый плоскостью, перпендикулярною к плоскости горизонта и заключающею в себе данную звезду, с плоскостью меридиана данной местности, также перпендикулярною к плоскости горизонта и проходящею через точки севера и юга. Первая из этих координат называется

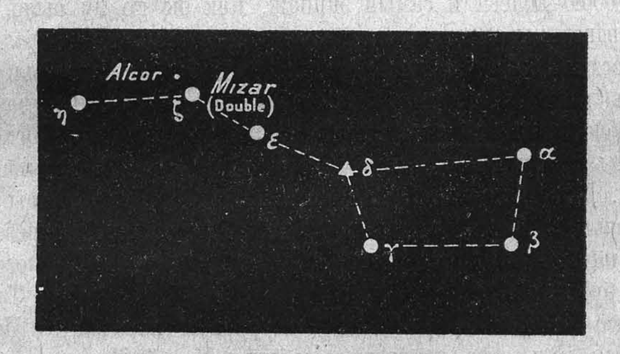


Рис. 79. Большая Медведица.

высотою звезды, вторая ее азимутом. Можно для определения положения звезды воспользоваться и другими координатами, но мы на этом здесь не будем останавливаться и вернемся к этому вопросу в одном из следующих параграфов. Однако деление звезд на созвездия представляет известные удобства при изучении неба, в особенности для любителей астрономии, а в некоторых случаях оказывается не бесполезным и для астрономов специалистов. Наиболее яркие звезды в каждом созвездии обозначаются в порядке их яркости буквами греческого алфавита. Если исчерпан весь греческий алфавит, то для той же цели прибегают к латинскому алфавиту. Наконец, более слабые звезды обозначаются просто номерами, или цифрами. Наиболее ярким звездам нередко, кроме того, дают собственные имена. Если отнесение ярких звезд к определенному созвездию является довольно естественным, то причисление той или иной слабой звездочки к одному или другому соседнему созвездию заключает в себе уже гораздо больше произвола, и вообще проведение границ между отдельными созвездиями также до известной степени произвольно.

Все видимые невооруженным глазом звезды могут быть нанесены на звездные карты, с помощью которых и можно легко изучить все звездное

небо и найти на небе любую звезду. Простейший способ знакомства с созвездиями и с отдельными звездами состоит в соединении прямыми линиями неизвестных звезд с известными. При этом исходить можно из известного всем или по крайней мере очень многим созвездия Большой Медведицы, которое состоит из 7 ярких звезд. Четыре звезды, составляющие четыреугольник, должны изображать туловище медведицы; остальные три звезды— это ее хвост. Но, конечно, нужно иметь очень пылкое воображение, чтобы видеть в этом созвездии изображение медведицы. Гораздо более это созвездие напоминает своим видом ковш, и под таким названием оно и известно в некоторых местностях. В самом деле, четыре звезды, составляющие четырехугольник, представляют собою ковш, а три остальные изображают его ручку. Наконец, иногда этому созвездию приписывают вид коляски, причем хвост медведицы в таком случае играет роль дышла, а остальные 4 звезды представляют собою колеса и самый экипаж. Как бы то ни было, но созвездие Большой Медведицы очень характерно, главные его звезды довольно ярки, оно обычно известно весьма многим, да, наконец, кто раньше не был с ним знаком, и тот очень легко может отыскать его на небе. Поэтому изучение звездного неба и удобно начинать с созвездия Большой Медведицы. Исходя из этого созвездия, мы прежде всего можем легко отыскать так называемую Полярную звезду. Для этого соединим мысленно две крайние звезды α и β в созвездии Большой Медведицы и продолжим полученный отрезок приблизительно на пятикратное расстояние, считая от звезды α. В осенние вечера эта линия будет направлена вверх от Большой Медведицы. Таким образом мы встретим довольно яркую звезду, которая и называется Полярной. Полярная звезда есть одна из звезд созвездия Малой Медведицы. Найдя Полярную, мы легко познакомимся и со всем созвездием Малой Медведицы, ибо это созвездие по своей форме вполне напоминает созвездие Большой Медведицы; только звезды в нем расположены в обратном порядке. Полярная звезда замечательна тем, что при видимом суточном вращении всего неба она остается почти совершенно неподвижной. По этой же звезде легко можно находить страны света. Если наблюдатель станет лицом к Полярной звезде, то перед ним будет север, сзади него юг, налево запад, направо восток.

Познакомимся далее с некоторыми другими созвездиями на небе. Наша страна почти вся находится в пределах умеренного пояса, и звезды, видимые над горизонтом любого места, могут быть разделены на два разряда: одни из них никогда не заходят под горизонт и, следовательно, остаются видимыми в течение целой ночи, это суть звезды ближайшие к Полярной; другие же восходят и заходят и, следовательно, лишь некоторую часть своего пути описывают над горизонтом. Обратимся сначала к звездам, постоянно находящимся над горизонтом.

Если мысленно направление от звезды α Большой Медведицы до Полярной продолжить дальше за Полярную приблизительно на расстояние, равное расстоянию между этими звездами, то мы встретим созвездие, состоящее из 5 ярких звезд и имеющее вид французской буквы W. Это созвездие называется Кассиопеей и лежит в Млечном пути, который в виде светлой туманной полосы тянется через все небо. В конце лета созвездие

Кассиопеи находится почти над головой наблюдателя. Если мысленно идти от Полярной звезды вправо приблизительно под прямым углом к направлению, соединяющему Большую Медведицу с Кассиопеей, то мы встретим яркую звезду, носящую название Капеллы и находящуюся в созвездии Воз-



Рис. 80. Зодиакальные созвездия по старинному рисунку 1648 г.

ничего. Это созвездие состоит из 5 ярких звезд, расположенных в виде пятиугольника. Идя мысленно от Полярной в противоположную от Капеллы сторону, мы почти на таком же расстоянии встретим очень яркую звезду, принадлежащую к созвездию Лиры и носящую название Веги.

Имея перед глазами звездную карту и поступая дальше таким же образом, как это мы делали до сих пор, мы можем отыскать на небе все созвездия и отдельные наиболее замечательные звезды.

Не останавливаясь подробно на всех созвездиях, перечислим лишь некоторые из них, представляющие интерес в том или другом отношении. Прежде всего достойны упоминания 12 созвездий, расположенных в той полосе неба, в которой совершает свое видимое движение вокруг земли солнце, иначе говоря созвездия, расположенные вдоль эклиптики. Эта полоса неба называется зодиакальным поясом, а созвездия, находящиеся в этом поясе, зодиакальными созвездиями. В зодиакальном поясе движутся также все большие планеты. Зодиакальные созвездия суть: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. Наиболее заметные из них это Телец и Близнецы (рис. 78). В первом из них выделяется яркая звезда, обозначенная греческой буквой α и имеющая собственное имя Альдебаран. Во втором должны быть отмечены также яркие звезды α и β которым даны собственные имена Кастор и Поллукс. Для запоминания зодиакальных созвездий существует следующее латинское двустишие:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Из других созвездий в северном полушарии наиболее известны следующие: Андромеда, Цефей, Персей, Малый Пес, Волопас, Северная Корона, Геркулес, Орел, Лебедь, Пегас. Здесь они перечислены по направлению с запада через юг на восток. Пользуясь звездной картой, легко ознакомиться с этими созвездиями и изучить их вид. Наиболее красивым созвездием, расположенным частью в северном полушарии, частью в южном, является созвездие Ориона (рис. 78). Три звездочки, лежащие близко одна от другой и представляющие собой пояс Ориона, расположены как раз на экваторе. Это созвездие в зимние вечера доступно для наблюдений и в наших местах. Из созвездий, находящихся в южном полушарии, можно упомянуть следующие: Кит, Эридан, Большой Пес, Гидра, Южный Крест и другие. Южный Крест в наших широтах не виден. Созвездие Большого Пса находится недалеко от созвездия Ориона и бывает доступно для наблюдений в наших широтах в зимние вечера. Это созвездие вместе с созвездием Ориона в полном смысле слова служит украшением нашего звездного неба. Самая яркая звезда в созвездии Большого Пса, обозначенная греческой буквой α, носит название Сириуса. Сириус вместе с тем является самой яркой звездой на всем небе. В заключение этого параграфа приведем еще собственные имена некоторых наиболее ярких звезд. Звезда α в созвездии Девы называется Спикой, α и β в созвездии Ориона соответственно носят название Бетельгейзе и Ригеля. Звезде α в созвездии Малого Пса дано имя Проциона; звезда α в созвездии Волопаса называется Арктуром, α в созвездии Орла—Альтаиром, α в созвездии Лебедя—Денебом, β в созвездии Персея—Алголем и т. д.

§ 63. Цвет и яркость звезд.

Уже при беглом взгляде на звездное небо становится вполне очевидным, что звезды различаются между собою по яркости, и одни из них по

своему блеску прямо бросаются в глаза, другие же еле заметны для невооруженного глаза и находятся, так сказать, на пределе видимости. При внимательном изучении созвездий и отдельных звезд легко подметить, что звезды отличаются друг от друга также и цветом. Больше всего встречается голубовато-белых звезд, много также желтоватых, затем есть также звезды оранжевые, а среди таких звезд, которые недоступны для наблюдений невооруженным глазом и могут быть видимы только в телескопы, известны также и темнокрасные. О цвете отдельных звезд еще придется говорить в дальнейшем изложении. Теперь же обратимся к яркости звезд.

Все звезды, видимые невооруженным глазом, по своей яркости разделяются на 6 классов, при чем самые слабые звезды, которые невооруженный глаз в ясную безлунную ночь впервые начинает различать на небе по окончании вечерних сумерок после захода солнца, называются звездами 6-й величины. Звезды, яркость которых в $2\frac{1}{2}$ раза больше яркости звезд 6-й величины, называются звездами 5-й величины. Совершенно таким же образом мы определим звезды 4-й, 3-й, 2-й и 1-й величин. Такое деление звезд на классы по яркости было введено в очень давние времена. Однако при таком разделении яркость от одной звезды к другой менялась бы скачками. В действительности же мы на небе наблюдаем постепенный переход от более слабых к более ярким звездам. Поэтому астрономы, также давно, пришли к необходимости делить промежутки между двумя звездными величинами на более мелкие части, именно на десятые доли. Таким образом астрономы говорят, что яркость данной звезды определяется звездной величиной, например, 2,4, или 3,8. В первом из этих случаев звезда, по своей яркости, слабее звезд второй величины, но несколько ближе подходит к звездам 2-й величины, чем к звездам 3-й величины. Во втором случае звезда значительно ближе подходит к звездам 4-й величины, чем к звездам 3-й величины. Введением десятых долей звездной величины устанавливается достаточно мелкая шкала звездных величин, и, пользуясь этой шкалой, практически можно принять, что она дает нам непрерывное изменение яркости звезд. На основании такого деления звезд на яркости к звездам 1-й величины в древности были отнесены в действительности звезды весьма различной яркости, а именно не только те, яркость которых превосходит яркость звезд второй величины в $2\frac{1}{2}$ раза, но так же и все более яркие звезды. Поэтому впоследствии, чтобы внести в этот вопрос полную определенность, явилась необходимость ввести еще дополнительные классы для звезд более ярких, чем звезды первой величины. Типичною звездою первой величины может считаться Альтаир, или α Орла. Вводя дополнительные классы, мы звездную величину таких звезд, которые в $2\frac{1}{2}$ раза ярче Альтаира, выразим числом 0,0. Точно также звездная величина звезд, которые в $2\frac{1}{2}$ раза ярче звезд только что введенного дополнительного класса, принимается равною —1,0. Следующий дополнительный класс будет характеризоваться звездной величиной—2,0 и т. д. Промежутки между дополнительными классами также делятся на десятые доли. Таким образом вводится понятие о нулевой и об отрицательных звездных величинах. Приведем яркости нескольких наиболее ярких звезд, пользуясь установленной нами шкалой.

Звезда.	Собственное имя звезды.	Звездная величина.
α Большого Пса.	Сириус.	— 1,6
α Лиры.	Вега.	— 0,1
α Возничего.	Капелла.	— 0,2
α Волопаса.	Арктур.	— 0,2
β Ориона.	Ригель.	— 0,3
α Малого Пса.	Процион.	— 0,5
α Ориона.	Бетельгейзе.	— 0,9
α Тельца.	Альдебаран.	— 1,1
α Девы.	Спика.	— 1,2
β Близнецов.	Поллукс.	— 1,2
α Лебедя.	Денеб.	— 1,3

Все звезды первой величины становятся видимыми почти тотчас после захода солнца; они хорошо видны даже при полнолунии. Звезды же второй величины могут быть различаемы уже значительно позже, к концу сумерок. К числу звезд второй величины относятся, например, Полярная, 6 звезд созвездия Большой Медведицы, 3 более яркие звезды созвездия Кассиопеи и т. д. Более слабые звезды различаются невооруженым глазом еще позже. Яркость планет мы также выражаем в звездных величинах, но их яркость меняется в зависимости от их расстояния от солнца и от земли. Так, яркость Меркурия меняется в пределах от 1,1 до—1,2 звездных величин. Яркость Венеры меняется в пределах от—4,3 до—3,3. Звездная величина Марса при наибольшей его яркости выражается числом—2,2, а при наименьшей числом—1,6. Наибольшая яркость Юпитера равна—2,5, а наименьшая—1,5. Сатурн представляется наблюдателю звездой 1-й величины, Уран относится к звездам 6-й величины и находится на пределе видимости для невооруженного глаза.

Для звезд, доступных для наблюдения лишь в телескопы, принимается деление на яркости по тому же самому закону, как и для звезд, видимых невооруженным глазом. Таким образом звезды, яркость которых в 2½ раза меньше яркости звезд 6-й величины, называются звездами 7-й величины. Звездная величина звезд, яркость которых в 2½ раза слабее яркости звезд 7-й величины, выражается числом 8 и т. д. Из планет к телескопическим звездам относятся Нептун и астероиды.

Яркость солнца и луны тоже можно выразить в звездных величинах. Для этого надо себе представить, что весь свет, посылаемый этими светилами, сосредоточен в одной точке. Звездная величина солнца выражается числом—26,6. Звездная величина луны во время полнолуния выражается числом—12,6.

Яркость звезд определяется при помощи фотометров, понятие о которых было дано в § 4 главы первой. Такая яркость называется визуальной и имеет место для наблюдения глазом. Но можно еще говорить о фотографической яркости звезд. При фотографировании какого-нибудь участка неба в течение некоторого определенного промежутка времени звезды выходят на фотографической пластинке в виде кружечков, при чем размеры этих кру-



1. Звездное скопление в созвездии Геркулеса.



2. Спиральная туманность в созвездии Гончих Собак.

жечков тем больше, чем ярче звезда. Однако это последнее замечание относится только к звездам одинакового цвета. Если же фотографируются звезды различной окраски, но одинаковой визуальной яркости, то, при одной и той же продолжительности фотографирования, например, красная звезда представится кружечком меньших размеров, чем голубая, так как красные лучи обладают меньшим химическим действием, чем голубые. Отсюда ясно, что, сравнивая между собой визуальные и фотографические яркости одних и тех же звезд, можно составить себе понятие также о их цвете.

§ 64. Число звезд.

Знакомясь с созвездиями, а также с отдельными звездами, мы имеем возможность, конечно, сосчитывать число звезд, входящих в состав того или другого созвездия, или число звезд, принадлежащих по своей яркости к тому или другому классу. На практике астрономы не занимаются простым сосчитыванием звезд, а обыкновенно ставят себе целью определение положений целого, иногда очень большого, ряда звезд, выбранных по какому-нибудь определенному плану. Можно ставить условие, чтобы такой ряд заключал в себе все звезды до определенной звездной величины включительно, более или менее равномерно распределенные по всему небу. Можно интересоваться определением положений звезд, заключающихся в некотором определенном поясе неба, где производятся те или другие специальные наблюдения. Можно подобрать, с целью определения положений, звезды, хотя и неравномерно распределенные по всему небу, но характеризующиеся каким-нибудь общим признаком и т. д. Такие положения звезд заносятся в особые звездные росписи, которые называются звездными каталогами. Каждая большая обсерватория обычно включает в программу своих работ составление звездного каталога по тому или другому плану. По этим звездным каталогам и можно легко и с удобством сосчитывать число звезд определенной яркости. В настоящее время положения всех наиболее ярких звезд можно считать определенными с достаточной точностью. Точно также определенно известно и число звезд, принадлежащих к наиболее ярким классам. В нижеследующей таблице дано число звезд, доступных невооруженному глазу, т. е. звезд от первой до шестой величины включительно, расположенных в обоих полушариях неба.

Звездная величина.	Число звезд в северном полушарии.	Число звезд в южном полушарии.	Число звезд на всем небе.
1	11	9	20
2	26	25	51
3	88	112	200
4	277	318	595
5	595	618	1213
6	1919	1721	3640

Таким образом в северном полушарии всего насчитывается 2,916 звезд, видимых невооруженным глазом, в южном—2,803, а на всем небе—5,719 звезд. Число же телескопических звезд весьма велико, и чем слабее звездная величина данного класса, тем большее число звезд к нему принадлежит. Наиболее удобным для сосчитывания телескопических звезд в северном полушарии является составленный Аргеландером во второй половине XIX века весьма обширный каталог звезд, заключающий звезды всего северного полушария и захватывающий даже небольшую зону в 2 град. в южном полушарии. По первоначальному замыслу этот каталог должен был дать положение всех звезд до 9 звездной величины включительно; однако в каталог

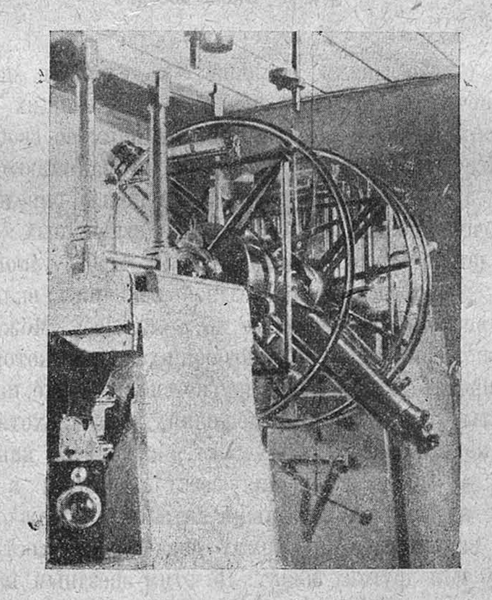


Рис. 81. Старый меридианный крут Бергедорфской Обсерватории.

иногда вносились звезды и до 10 величины в тех местах неба, которые были сравнительно бедны звездами. Этот каталог, известный под именем «Бонского обозрения», содержит всего около 325,000 звезд. Нужно иметь в. виду, что Бонское обозрение дает лишь приближенное положение звезд. Впоследствии подобная же работа была продолжена и для южного полушария; однако она еще до сих пор не доведена до конца. Но основываясь на том, что уже сделано для южного полушария, можно придти к заключению, что южное полушарие вообще богаче звездами, чем северное, и что на всем небе звезд до 10 величины должно заключаться свыше 1,000,000.

Параллельно с составлением звездных каталогов также вычерчиваются и издаются звездные карты. Из всех звездных карт, когда-либо изданных, точнейшею, наилучшею и содержащею наибольшее количество звезд, несомненно, явится фотографическая карта звездного неба, получением кото-

рой уже более 20 лет заняты многие обсерватории, при чем каждой принявшей участие в этом предприятии обсерватории поручено сфотографировать определенную зону неба, и самое фотографирование производится астрографами одного и того же типа, в одном и том же масштабе, с одной и тою же продолжительностью фотографирования. В конечном результате эта работа должна дать очень точный каталог всех звезд до 11 величины, а также должна послужить для составления звездного атласа неба, заключающего в себе звезды до 14 класса. Вероятно, число таких звезд достигнет нескольких десятков миллионов. Для точного определения положений звезд на фотографических пластинках необходимо, чтобы некоторые из помещающихся на этих пластинках звезд были пронаблюдены визуально при помощи особого, установленного в плоскости меридиана инструмента, носящего название меридианного круга. Такие звезды являются опорными для фотографического каталога. Чтобы иметь возможно большее число звезд с точно определенным положением, были организованы наблюдения всех звезд «Бонского обозрения» при помощи меридианных кругов, при чем все небо также было распределено на отдельные зоны, и наблюдения каждой из них было поручено различным обсерваториям.

Итак, число телескопических звезд оказывается чрезвычайно большим. Теоретически говоря, чем больше сила астрономического инструмента, тем большее число все более и более слабых звезд мы должны были бы наблюдать при помощи такого инструмента. В таком случае число всех находящихся в мировом пространстве звезд должно было бы быть безгранично большим. Так ли это на самом деле? В точности мы этого не знаем, и во всяком случае современным астрономическим инструментам доступны лишь звезды до известного предела яркости. Если бы число звезд было безгранично, то в ясную безлунную ночь все небо должно было бы светиться слабым светом, так как при этом условии в каждой точке неба должна была бы находиться одна, или даже несколько звезд. Однако ничего подобного мы не наблюдаем в действительности. Это может об'ясняться тем, что число звезд в мировом пространстве, хотя и чрезмерно велико, но все же ограничено, и что, следовательно, вся доступная нашим наблюдениям звездная система, или так называемая вселенная, также имеет границы. С другой стороны этому явлению можно дать и другое об'яснение. Свет от чрезвычайно удаленных от нас звезд может не доходить до нас вследствие того, что он поглощается в мировом пространстве особым, распространенным в нем, чрезвычайно разреженным веществом. Однако в настоящее время точное и окончательное разрешение этого вопроса следует считать открытым.

§ 65. Спектральные исследования звезд.

До изобретения спектрального анализа существовало мнение, что мы никогда не будем в состоянии узнать химический состав небесных тел. Уже из предыдущих глав мы знаем, как ошибочно было это мнение. Применение спектроскопа к изучению звезд дало особенно интересные результаты. Если

и первое впечатление, получаемое от наблюдения неподвижных звезд, наводит нас на мысль, что звезды суть самосветящиеся тела, то применение спектрального анализа к изучению неподвижных звезд дает несомненное доказательство того, что они светят собственным светом. Звезды, как показывают спектральные наблюдения, обладают сплошными спектрами, перерезанными большим или меньшим числом темных линий; а иногда на фоне сплошного спектра выступают также яркие линии, принадлежащие тому или иному химическому элементу. Среди спектров неподвижных звезд наблюдается весьма большое разнообразие, и во всяком случае ни один звездный спектр не представляет собою точного воспроизведения, например, спектра солнца. Мы знаем, что спектры планет, являющихся телами темными, посылающими нам отраженный солнечный свет, в общих чертах чрезвычайно сходны или даже почти тожественны со спектром солнца, за исключением появления или усиления небольшого числа отдельных линий поглощения. Вид же звездных спектров вполне свидетельствует о раскаленном состоянии звездного вещества, и таким образом неподвижные звезды являются телами, подобными нашему солнцу. С другой стороны и солнце, обладающее спектром, сходным со спектрами некоторых звезд, есть не более, как одна из многочисленных неподвижных звезд, но только находящаяся на сравнительно близком расстоянии от земли и потому представляющаяся в виде светлого диска. Мы уже указали, что в звездных спектрах наблюдается большое разнообразие, и по темным линиям и полосам поглощения, а также по светлым линиям, выделяющимся иногда на фоне непрерывных звездных спектров и представляющим в спектрах различных звезд весьма отличные друг от друга картины, мы определенно можем сказать, что химический состав различных звезд, или по крайней мере их атмосфер, т. е. оболочек, окружающих эти звезды, далеко не одинаков. Несмотря на большое разнообразие в звездных спектрах, все же при внимательном их изучении мы можем все эти спектры разделить на определенное число классов, и звезды, обладающие спектрами одного и того же класса, несомненно, имеют много общего между собой. Впервые такое деление звезд на спектральные классы было введено покойным итальянским астрономом Секки. Это деление мы рассмотрим как наиболее простое. Но вследствие большого разнообразия, в спектрах, деление, предложенное Секки, вскоре оказалось недостаточным, и более детальное распределение звезд по спектральным классам было сделано покойным директором астрофизической обсерватории в Потсдаме, Фогелем. Однако, с течением времени при точных научных исследованиях и классификация Фогеля оказалась недостаточной, и в настоящее время наиболее распространенной является классификация звездных спектров, выработанная на Гарвардской Обсерватории в Кембридже в Северной Америке, а также в южном ее отделении в Перу, в Арекипе. Мы рассмотрим здесь как классификацию Фогеля, так и Гарвардскую классификацию, ибо в настоящее время они обе употребляются при спектральных исследованиях звезд.

Остановимся прежде всего на классификации Секки. Этот астроном разделил все звезды по их спектрам на 4 типа. Все весьма разнообразные спектры звезд не могут быть уложены в рамки классификации Секки, и

эта классификация дает нам лишь основные черты распределения звезд по спектральным типам и служит, так сказать, первым приближением в данном вопросе. Лицам, приступающим к изучению астрономии, она дает возможность быстро разобраться в различных спектральных классах звезд, и, уже ознакомившись с классификацией Секки, без особого труда можно будет изучить различные подробности, наблюдаемые в спектрах звезд и рассматриваемые другими классификациями.

К первому спектральному классу Секки отнес белые и голубоватые звезды. Эти звезды обладают непрерывным спектром, на котором видны очень резкие темные, иногда довольно широкие водородные линии; другие же темные линии не многочисленны и очень слабы. Таким образом звезды первого типа окружены атмосферами, богатыми водородом. Представителями этого типа являются Сириус, Вега и некоторые другие яркие звезды.

Ко второму классу по Секки относятся желтоватые звезды. Они имеют непрерывный спектр, перерезанный очень большим числом тонких темных линий, принадлежащих в большинстве случаев парам металлов. Таким обра-

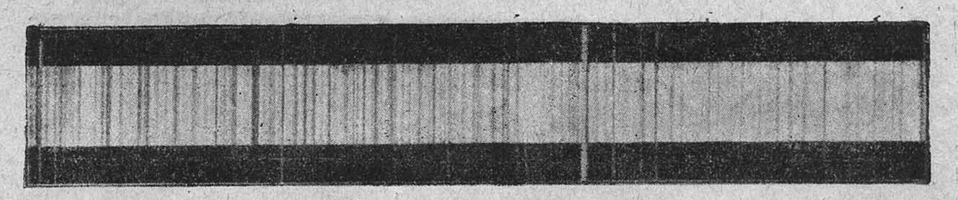


Рис. 82. Спектр Арктура.

зом спектры этих звезд тожественны с солнечным спектром. Представителями второго спектрального класса, кроме солнца, являются Арктур, Капелла и другие.

К третьему классу Секки отнес оранжевые и красноватые звезды. Они обладают непрерывным спектром с широкими темными полосами поглощения, резко ограниченными со стороны фиолетового цвета и размытыми со стороны красного. Представителями этого класса являются Бетельгейзе, α Геркулеса и др.

Четвертый спектральный класс по Секки составляют красные и темнокрасные звезды. В их спектрах видны широкие темные полосы, резко ограниченные со стороны красного цвета и размытые со стороны фиолетового. В спектре этих звезд фиолетовая часть спектра очень слаба, и нередко у них бывают видны лишь отдельные части спектра, преимущественно оранжевая, желтая и зеленая.

Обратимся теперь к классификации Фогеля. Эта классификация уже старается разобраться в подробностях, представляемых спектрами отдельных звезд и для этой цели, кроме деления на классы, вводит еще в каждом классе подразделение на несколько групп. Основных классов классификация Фогеля устанавливает три, при чем первые два класса соответствуют первому и второму классу по Секки, а третий класс соединяет в себе тре-

тий и четвертый класс классификации Секки. Дадим же описание различных классов и групп по классификации Фогеля.

Первый класс. К этому классу принадлежат непрерывные спектры, в которых наибольшею яркостью отличаются синяя и фиолетовая части. Эти спектры пересечены целым рядом водородных линий, которые представляются в виде темных, обыкновенно широких и размытых, а изредка резких и узких линий поглощения и которые по интенсивности вообще значительно превосходят металлические линии, также наблюдаемые в этих спектрах. В очень редких случаях водородные линии, а также линии других элементов появляются не в виде темных линий поглощения, а в виде светлых линий на фоне непрерывного спектра. В этом классе Фогель рассматривает следующие более мелкие подразделения.

I a. К этой группе принадлежат спектры, в которых преобладают водородные линии и совсем не наблюдаются линии гелия. Эта группа в свою очередь подразделяется на три более мелких подотдела:

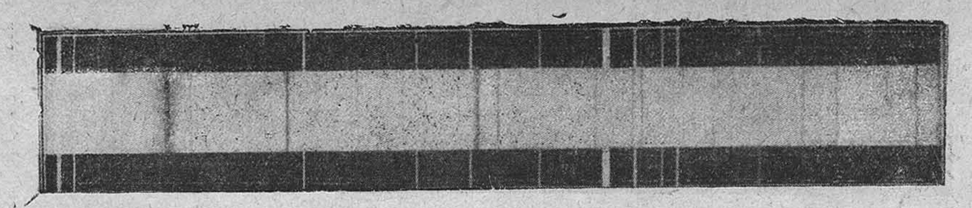


Рис. 83. Спектр α Пса.

I a_1. К первому принадлежат спектры, в которых водородные линии весьма широки и сильно развиты.

I a_2. Ко второму относятся спектры, в которых на ряду с водородными линиями выступают также линии некоторых металлов, а именно кальция, магния и натрия; спектральные линии других металлов весьма тонки и слабы, и при незначительных инструментальных средствах их очень трудно различить.

I a_3. Третий подотдел охватывает спектры, в которых линии различных металлов, в особенности линии железа весьма многочисленны и интенсивны и в которых главная линия кальция в фиолетовом цвете иногда по интенсивности сравнивается с водородными линиями, всегда наблюдаемыми в этих спектрах; этот подотдел составляет прямой переход ко второму классу.

I b. Ко второй группе относятся спектры, в которых кроме преобладающих водородных линий заметны также линии гелия. Кроме того в спектрах этой группы выступают в большем или меньшем числе линии кальция, магния, натрия и железа.

I c. Третью группу составляют спектры со светлыми линиями. Эта группа распадается на два подотдела:

I c_1. К первому относятся спектры, в которых выступают только водородные светлые линии;

I c_2. Ко второму принадлежат спектры, в которых кроме водородных линий наблюдаются еще светлые линии гелия, кальция, магния и других металлов.

Второй класс. Ко второму классу относятся спектры, в которых весьма ясно выступают металлические линии. Синяя и фиолетовая части в этих спектрах бледнее, чем в спектрах первого класса. В других частях спектра иногда выступают слабые полосы поглощения. Этот класс разделяется на две группы.

II a. К этой группе принадлежат спектры с весьма многочисленными металлическими линиями, которые вследствие их интенсивности особенно легко можно различить в желтом и зеленом цветах. Водородные линии по большей части интенсивны, но никогда не бывают так расширены, как в спектрах типа I a. В спектрах некоторых звезд этой группы водородные линии довольно слабы, но в таких случаях в красной и желтой частях спектра обыкновенно бывают заметны слабые полосы поглощения.

II b. Ко второй группе второго класса относятся спектры, в которых кроме темных линий и отдельных слабых полос, выступают также светлые линии.

Третий класс. Третий класс охватывает спектры, в которых, кроме темных линий, выступают еще многочисленные темные полосы и в которых синяя и фиолетовая части весьма слабы, а иногда даже вовсе отсутствуют. Этот класс разделяется на две группы.

III a. К первой группе этого класса относятся спектры, в которых кроме темных линий наблюдаются еще полосы поглощения. Наиболее замечательные из этих полос темны и резко ограничены со стороны фиолетового цвета и бледны и размыты со стороны красного. Это третий класс по Секки.

III b. Вторую группу третьего класса составляют спектры, характеризующиеся широкими полосами, из которых наиболее интенсивные резко ограничены и чрезвычайно темны со стороны красного цвета, по направлению же фиолетового цвета они постепенно бледнеют. Таким образом размытыми они представляются с противоположной стороны сравнительно с полосами спектров предыдущей группы; точно также число полос в спектрах этой группы меньше, чем в спектрах предыдущей группы. Синяя и фиолетовая части обыкновенно чрезвычайно слабы.

Наибольшее число из исследованных в отношении спектров звезд относятся в первому классу, именно немного менее двух третей. Около одной трети характеризуются спектрами второго класса, и лишь весьма небольшое число относится к третьему классу.

В тех случаях, когда в спектре звезды наблюдаются светлые линии, например, линии водорода, наиболее правдоподобным является предположение, что звезды этого типа имеют очень широкий слой богатой водородом атмосферы, высота которой сравнима с величиной радиуса звезды. В таком случае части атмосферы, выступающие за край звезды, дадут водородный спектр со светлыми линиями, тогда как часть атмосферы, находящейся перед диском, даст темные линии. Благодаря огромному расстоянию от земли

до звезды, наблюдателю будет представляться, что один спектр налагается на другой, и так как площадь кольца атмосферы для таких звезд будет более площади диска самой звезды, то светлые линии одержат верх над черными.

Другим об'яснением того же самого явления может служить предположение, что температура атмосферы этих звезд значительно выше температуры самих звезд.

Светлые линии встречаются также в спектрах класса II b, и в этом случае можно принять такое же об'яснение, как и для звезд спектрального класса I c. Звезды класса II b иногда называются звездами Вольфа-Райе, по имени наблюдателей, открывших особенности их спектров. Их насчитывается всего несколько десятков, и все они расположены вблизи млечного пути. К этому же спектральному классу относятся так называемые временные или новые звезды в некоторый период их развития, о чем речь будет еще впереди.

В спектрах класса III a обнаружено присутствие полос, принадлежащих окиси титана. Что же касается класса III b, то все принадлежащие к нему звезды очень слабы, так что изучение их весьма затруднено. Однако, по наблюдаемым в них полосам поглощения вполне установлено, что в атмосферах этих звезд содержится большое количество углеводородов.

Деление звезд на спектральные классы не представляется простым результатом некоторого случайного распределения наблюдаемых спектров в определенный ряд, но имеет более глубокое основание, и можно считать, что переход от звезд одного спектрального класса к звездам следующего класса является совершенно естественным. Именно к первому классу относятся белые и голубоватые звезды, ко второму желтые и к третьему красноватые и красные. Уже одно это указание на цвета звезд различных спектральных классов говорит нам за то, что классификация спектров имеет в своей основе изменение температуры звезд. В самом деле мы из наших лабораторных опытов знаем, что при постепенном накаливании какого-нибудь тела, цвет его переходит от красного, при незначительном накаливании, к желтому, при более сильном нагревании, и наконец к белому, при самой высокой температуре. Таким образом мы можем предположить, что звезды первого класса суть наиболее горячие, звезды второго типа уже находятся в стадии охлаждения, и к третьему классу относятся звезды с наименьшей температурой. Более подробные сведения о температуре звезд различных спектральных классов будут сообщены в следующем параграфе.

Теперь же остановимся вкратце на Гарвардской классификации звездных спектров. Уже классификация Фогеля дает достаточное понятие о разделении всех звездных спектров на более мелкие группы. Однако в научных изысканиях, вследствие огромного разнообразия в спектрах небесных светил, при чем иногда два весьма сходных между собою спектра различаются друг от друга лишь в незначительных подробностях, и классификация Фогеля оказывается недостаточной, так как звездные спектры переходят один в другой, так сказать, непрерывно, постепенно. Вот этому условию непрерывности уже в гораздо большей степени удовлетворяет Гарвардская

классификация. В этой классификации установлено 10 классов с достаточно мелкими подразделениями каждого из них. Каждый класс обозначается большой латинской буквой. Вот основные классы этой классификации с самой краткой характеристикой каждого из них.

Класс *O*. К нему принадлежат звезды Вольфа-Райе.

Класс *B*. К нему принадлежат так называемые гелиевые звезды, в спектрах которых имеются линии поглощения водорода и гелия. Этот класс соответствует классу I b по Фогелю.

Класс *A*. Этот класс соответствует классу I a по Фогелю, и к нему принадлежат так называемые сириусовы звезды. В их спектрах линии водорода очень интенсивны, линий гелия нет.

Класс *F*. В спектрах звезд этого класса очень интенсивны линии кальция, обозначаемые латинскими буквами *H* и *K*.

Класс *G*. Этот класс соответствует классу II a по Фогелю. К нему принадлежат так называемые солнечные звезды, спектры которых характеризуются большиме числом металлических линий.

Класс *K*. Этот класс является переходным от класса II a к классу III a по Фогелю. В спектрах звезд этого класса многие линии металлов усилены; синяя и фиолетовая части спектра несколько ослаблены.

Класс *M*. Этот класс соответствует классу III a по Фогелю.

Класс *N*. Этот класс соответствует классу III b по Фогелю.

Класс *P*. К этому классу относятся спектры туманностей, о которых речь будет впереди.

Класс *Q*. К этому классу причисляются различного рода неправильные и сложные спектры, не укладывающиеся в предыдущие классы.

Более мелкие подразделения вводятся с помощью десятых долей промежутка между соседними буквами. Так, например, A 5 обозначает, что спектр звезды занимает как раз среднее положение между двумя смежными классами *A* и *F*. Обозначение *F* 8 указывает, что спектр такой звезды помещается между классами *F* и *G*, но на расстоянии 0,8 промежутка, считая в направлении от *F* к *G*. Таким образом мы видим, что Гарвардская классификация, действительно, обнимает весьма большое число разнообразных, постепенно переходящих один в другой спектров.

§ 66. Температура звезд.

Существует несколько способов определять температуру звезд различных спектральных классов. Один из этих способов основан на том, что с изменением температуры тел изменяется интенсивность различных линий в их спектрах. С другой стороны оказывается, что в звездных спектрах различных классов существуют две линии магния в синем цвете, которые по своей интенсивности и ширине находятся друг к другу в известном отношении, и это отношение оказывается различным для звезд различных классов. Одна из магниевых линий с длиной волны в 448,1 микромикронов особенно интенсивна и широка в спектрах первого класса по Фогелю; в спектрах

же второго класса, например, в спектре солнца, она значительно слабее, но еще ясно заметна; наконец, в спектрах третьего класса ее трудно отыскать. Наоборот, другая магниевая линия с длиной волны в 435,2 микромикронов отсутствует в спектрах I класса, ясно видна в спектрах II класса и в том числе в спектре солнца, а в спектрах III класса она принадлежит к самым интенсивным линиям.

Соответствующее явление можно наблюдать и в лабораториях. Пропустив сильную электрическую искру через пары магния, получают в его спектре ясно выраженную первую линию магния, тогда как вторая отсутствует. Если же при получении спектра магния электрическую искру заменить электрической дугой, которую можно наблюдать в больших электрических фонарях, то первая магниевая линия становится весьма слабой, вторая же ясно видна. Наконец, горящий магний дает спектр с интенсивной второй линией, а первой в нем нет. Таким образом оказывается возможным сравнить температуру звезд первого класса с температурой электрической искры, второго класса—с температурой электрической дуги и третьего класса—с температурой горящего магния. Температура же горящего магния равна 3,000 градусов, электрической дуги от 3,500 до 5,000 и наконец электрической искры выше 5,000. Таким образом оказывается, что температура звезд третьего класса в самом деле есть низшая, а первого класса высшая.

Другой способ определения температуры звезд основан на законе физики, по которому произведение из температуры тела на длину волны отличающегося наибольшей интенсивностью цветового оттенка в его спектре есть величина постоянная. Эта постоянная величина может быть определена из лабораторных опытов над каким-нибудь раскаленным телом, температура которого известна. По этому способу венгерский астроном Гаркани определил, между прочим, температуру следующих звезд.

Звезда.	Спектральный класс		Температура.
	по Фогелю.	по Гарв. класс.	
Сириус.	I a	*A*	6000°
Вега.	I a	*A*	6000°
Арктур.	II a—III a	*K*	2500°
Альдебаран.	II a—III a	*K*	2700°
Бетельгейзе.	III a	*M*	3000°
Солнце.	II a	*G*	5000°

Необходимо иметь в виду, что определение температуры звезд по тому или другому способу предполагает, что законы физики, проверенные на наших лабораторных опытах, применимы также и к небесным телам.

§ 67. Собственное движение звезд.

Одной из важных задач астрономии является определение положений звезд на небе. В § 62 мы видели, что положение звезд может быть определено ее высотою над горизонтом и азимутом. Однако, в этом случае получается неудобство, заключающееся в том, что плоскость горизонта и плоскость меридиана, вследствие вращения земли, непрерывно изменяют свое положение, отчего высота и азимут являются также непрерывно изменяющимися. Это неудобство может быть устранено, если положения звезд относить к другим плоскостям. Так, для определения положения звезд можно воспользоваться так называемыми склонением и прямым восхождением. Склонение есть угол, составляемый направлением на звезду с плоскостью экватора. Прямое восхождение есть угол между двумя плоскостями, перпендикулярными к экватору, из которых одна проходит через данную звезду, а другая через линию пересечения плоскости экватора с плоскостью эклиптики (§ 45). Наконец положение звезд может быть определено еще астрономической широтой и долготой. Астрономическая широта есть угол, составляемый направлением на звезду с плоскостью эклиптики. Долгота есть угол между двумя плоскостями, перпендикулярными к плоскости эклиптики, из которых одна проходит через данную звезду, а другая через линию пересечения плоскости эклиптики с плоскостью экватора. Высота и азимут называются горизонтальными координатами, склонение и прямое восхождение—экваториальными, широта и долгота—эклиптическими. Экваториальные и эклиптические координаты имеют перед горизонтальными то преимущество, что на них не влияет вращение земли вокруг оси. Однако плоскости эклиптики и экватора, играющие роль в этих системах координат, в свою очередь не остаются неизменными в пространстве и подвержены некоторым перемещениям, правда, весьма медленным. Плоскостью эклиптики мы называем ту плоскость, в которой происходит движение земли вокруг солнца. Эта плоскость была бы постоянной лишь в том случае, если бы кроме солнца и земли не существовало никаких других небесных тел. Однако каждая из планет, входящих в состав солнечной системы, оказывает притягательное действие, как на землю, так и на другие тела планетной системы, а также и сама подвержена их притягательному действию. Вследствие этого плоскость, в которой движется земля вокруг солнца в некоторый определенный момент, не совпадает с плоскостью, в которой происходило это движение в предшествующий момент, а также с плоскостью, в который будет происходить движение земли вокруг солнца в некоторый следующий момент. Таким образом положение плоскости эклиптики непрерывно меняется, и в этом сказывается так называемое возмущающее влияние планет на движение земли. Но надо иметь в виду, что эти изменения очень незначительны. С другой стороны и положение плоскости экватора не остается неизменным в пространстве в виду того, что земля, как мы знаем, имеет форму несколько отличную от формы шара и в грубом виде может быть представлена как шар, по экватору которого как бы наложено некоторое тонкое кольцо дополнительного вещества, и на это кольцо оказывают

возмущающее влияние солнце и луна, вследствие чего плоскость экватора при вращении земли медленно меняет свое наклонение к плоскости эклиптики, и линия пересечения этих двух плоскостей медленно перемещается по плоскости эклиптики в направлении, противоположном движению земли. Это движение плоскости экватора влечет за собою перемещение оси вращения земли вокруг перпендикуляра к плоскости эклиптики по поверхности конуса, при чем полный оборот ось вращения совершает примерно в 28,000 лет. Это явление называется прецессией. Вследствие медленных изменений положений как плоскости эклиптики, так и плоскости экватора, очевидно, и экваториальные и эклиптические координаты тоже не являются величинами постоянными, но только их изменения происходят весьма медленно. Однако все такие изменения положений звезд, зависящие от только что рассмотренных причин, могут быть вполне точно учтены, и если из наблюдений были определены прямое восхождение и склонение какой-нибудь звезды для некоторого определенного момента со всею возможною точностью, то, на основании теоретических соображений, мы можем вычислить с тою же самою точностью прямое восхождение и склонение той же звезды, для некоторого другого момента, отделенного от первого момента значительным промежутком времени, например, в 50 или 100 лет. Если для этого второго момента опять со всею возможною точностью будут определены из наблюдений прямое восхождение и склонение интересующей нас звезды, то при неподвижности звезд в пространстве координаты, выведенные из наблюдений, должны были бы в точности сходиться с координатами, полученными при помощи вычислений. Однако в действительности этого никогда не бывает, и всегда получается более или менее значительное расхождение между вычислениями и наблюдениями. Разности между наблюденными и вычисленными координатами называются собственным движением звезд по прямому восхождению и склонению за рассматриваемый промежуток времени. Отсюда легко вычислить годичное собственное движение звезды по прямому восхождению и склонению, а затем и годичное ее перемещение в направлении, перпендикулярном к линии, соединяющей глаз наблюдателя со звездой, или так называемое годичное движение по дуге большого круга, которое и выражается в секундах дуги. На основании исследований собственных движений весьма большого числа звезд можно придти к заключению, что чем ярче звезда, тем, в среднем, больше ее собственное движение по дуге большого круга. В нижеследующей таблице даны средние собственные движения для звезд различной яркости от первой до седьмой величины на основании исследования Медлера.

Яркость звезды.	Число звезд.	Годичное собственное движение по дуге большого круга.
1 и 2 вел.	65	0″222
3	154	0″168
4	312	0″137
5	690	0″111
6	994	0″090
7	912	0″086

Однако, эта таблица дает нам представление лишь о средних результатах, и из нее мы можем вывести заключение, что чем ярче звезды, тем ближе они находятся к нам, так как есть полное основание думать, что линейное перемещение звезд в среднем должно быть одинаково, независимо от их расстояний, и в таком случае, чем ближе к нам звезда, тем больше будет ее перемещение, выраженное в секундах дуги. Если же рассматривать собственное движение отдельных звезд, то получается другая картина, и наибольшим движением по дуге большого круга, доходящим до 7, 8 и даже более секунд, обладают несколько очень слабеньких, телескопических звездочек.

Ясно, что движение звезды по направлению, перпендикулярному к линии, соединяющей глаз наблюдателя со звездой, еще не определяет истинного движения звезды в пространстве, так как это движение может составлять с упомянутой линией или с так называемым лучем зрения какой угодно угол. Если бы мы могли еще определить движение звезды по лучу зрения, то в этом случае истинное движение звезды мы определили бы как диагональ параллелограмма, построенного на двух отрезках, из которых один представляет движение по лучу зрения, а другой по направлению, перпендикулярному к нему. Движение же по лучу зрения мы можем определить при помощи спектрального анализа на основании принципа Доплера-Физо по смещению спектральных линий в спектре звезд, при чем смещение к фиолетовому концу означает приближение звезды к нам, а к красному удаление от нас. Движение по лучу зрения по этому способу получается в километрах. Приведем результаты для некоторых более ярких звезд.

Звезда.	Лучевая скорость в километрах.
Звезды, приближающиеся к нам.	
Полярная.	26
Сириус.	16
Кастор.	30
Арктур.	7
Вега.	16
Звезды, удаляющиеся от нас.	
Альдебаран.	48
Капелла.	25
Ригель.	16
Бетельгейзе.	17

Для того, чтобы определить истинное движение звезды в пространстве, необходимо еще знать расстояние, отделяющее звезду от земли, так как в этом случае окажется возможным выразить годичное движение по дуге боль-

шого круга не в секундах дуги, а, подобно движению по лучу зрения, в километрах, и тогда истинное движение звезды, составляющее определенный угол с лучем зрения, будет выражено тоже в километрах. Эти движения вообще не превосходят 30—40 километров в секунду. Какова же причина собственных движений звезд? Можно было бы предположить, что все звезды составляют одну систему и движутся вокруг некоторого общего центра. Самым красноречивым выразителем этого взгляда являлся Медлер, который полагал, что центр движения всех звезд находится около звезды Альционы в группе Плеяд. Однако, в настоящее время это предположение о движении всех звезд вокруг одного центра отброшено. По законам механики мы можем принять, что, если звезды отстоят друг от друга на весьма значительном расстоянии, то каждая из них должна двигаться в пространстве прямолинейно и равномерно. То же самое должно относиться и к нашему солнцу, которое есть, как мы видели, лишь одна из многочисленных звезд. Но если принять для звезд прямолинейное и равномерное движение, то является другой интересный вопрос, могут ли двигаться звезды по всевозможным направлениям без всякой закономерности, или же и в этом случае может быть подмечена какая-нибудь правильность. Этот вопрос лучше всего рассмотреть в связи с движением в пространстве нашего солнца, которое есть не что иное, как одна из многочисленных звезд, что и будет сделано нами в следующем параграфе.

§ 68. Собственное движение солнца. Звездные рои.

Так как солнце есть одна из звезд, и так как все звезды, как мы видели в предыдущем параграфе, движутся в пространстве прямолинейно и равномерно, то вполне естественно предположить, что и наше солнце обладает таким же движением, и перед нами является задача об определении направления и скорости этого движения. Как же это сделать? Нетрудно понять, что движение нашего солнца должно оказывать влияние на видимые перемещения звезд, и даже если бы все звезды кроме одного солнца были неподвижны, то при существовании движения солнца все они должны были бы казаться так или иначе перемещающимися. Кроме того звезды, находящиеся вблизи той точки неба, по направлению к которой движется солнце, должны казаться удаляющимися от этой точки и, так сказать, расходящимися между собою. Наоборот, около прямо противоположной точки неба звезды должны представляться как бы скучивающимися. Эти соображения легко подтверждаются наблюдениями, которые постоянно можно производить у нас на земле. Именно если наблюдатель движется по направлению, например, к какой-нибудь группе деревьев, то эти деревья будут представляться ему раздвигающимися, и с другой стороны, если бы наблюдатель не знал о своем движении, то он пришел бы к заключению, что деревья приближаются к нему. По отношению к звездам такого рода соображения впервые были высказаны В. Гершелем, и он даже указал, что наше солнце должно двигаться по направлению к созвездию Геркулеса. В действительности за-

дача об определении движения солнца есть задача трудная, так как каждая звезда и сама, как мы видели, тоже движется в пространстве. Следовательно, наблюдаемое движение каждой звезды должно состоять из двух частей: одна часть присуща самой звезде, другая же есть лишь влияние движения солнца. Поэтому, если подвергнуть исследованию весьма большое число звезд, то окажется возможным из наблюдаемых перемещений звезд в конце концов выделить только те части, которые обусловливаются движением солнца. В самом деле, возьмем для примера какую-нибудь звезду, движущуюся прямо по направлению к солнцу. В таком случае скорость движения этой звезды будет равняться сумме скоростей ее собственного движения и движения солнца. Если мы возьмем другую звезду, которая движется по прямо противоположному направлению, т. е. от солнца, то наблюдаемая ее скорость будет равняться разности скоростей движения звезды и солнца. Если мы скомбинируем между собою две такие звезды, которые движутся с одинаковыми скоростями, но одна из них к нам приближается, а другая от нас удаляется, то, очевидно, из такой комбинации можно исключить ту часть движения, которая присуща самим звездам, и выделить только влияние движения солнца. Подобное же соображение можно распространить также и на звезды, движущиеся по направлению, составляющему некоторый угол с направлением движения солнца. Но для получения сколько-нибудь точных результатов необходимо воспользоваться наблюдениями над весьма большим числом звезд, так как только в этом случае части движения, присущие самим звездам, могут быть исключены достаточно полно. При этом предполагается, что звезды движутся в пространстве по самым разнообразным направлениям, и что определенной скорости звезды, движущейся по некоторому направлению, непременно соответствует совершенно такая же скорость другой звезды, движущейся по прямо противоположному направлению. Такого рода движениями обладают частицы газа, заключенного в какой-нибудь сосуд. По этому способу собственное движение солнца определялось многими астрономами, при чем некоторые из них пользовались собственными движениями звезд по дуге большого круга, а другие их движениями по лучу зрения. Хотя общий результат получался различными исследователями один и тот же, а именно, что наше солнце движется по направлению к созвездию Геркулеса, но положение самой точки, по направлению к которой совершается это движение, определялось с недостаточной точностью. В последнее время было высказано мнение, что это зависело от неправильного предположения о том, что все звезды движутся по самым разнообразным направлениям, не подчиняясь какой-либо закономерности, и новые определения собственного движения солнца стали производить, исходя из предположения, что все звезды, при своих движениях, все же подчинены некоторым законам; именно, Каптейн предположил, что в пространстве существуют два преимущественных направления движения звезд. Это дает так сказать два течения звезд, или два потока звезд, или два роя звезд. Звезды, принадлежащие к одному рою, движутся в общем в одну и ту же сторону, но направления движения отдельных звезд внутри роя могут быть довольно разнообразны и независимы между собой. Явление это аналогично тому, что мы

наблюдаем в летящем рое пчел: весь рой движется в одном определенном направлении, но каждая пчела в отдельности внутри роя движется по собственному усмотрению. Только что указанные два роя звезд проникают один в другой. При такой новой точке зрения, определяя собственное движение солнца, необходимо определять также и направление этих звездных роев. Те точки неба, к которым направлены движения звездных роев, называются вертексами. По новейшим определениям положение одного вертекса находится вблизи звезды ζ в созвездии Ориона, а положение другого в прямо противоположной точке неба. Таким образом два звездные роя в сущности дают нам одну «большую дорогу», по которой звезды движутся в двух противоположных направлениях. Та точка неба, по направлению к которой движется солнце, называется апексом. По новейшим определениям апекс солнечного движения лежит в созвездии Лиры в расстоянии 4 градусов от яркой звезды Веги.

§ 69. Расстояние звезд от земли.

Расстояние звезд от земли определяется по существу так же, как расстояние луны от земли и вообще расстояние от наблюдателя до какого-нибудь недоступного для него предмета. Именно, необходимо получить направление на звезду из двух каких-нибудь точек, достаточно удаленных друг от друга, для того, чтобы эти направления не были параллельными между собою. Расстояние между этими двумя точками является базисом, и произведенные наблюдения дают возможность построить и решить треугольник, вершинами которого служат звезда и два положения наблюдателя. Через решение такого треугольника, очевидно, и получится расстояние от земли до звезды. При определении звездных расстояний базисом служит поперечник земного пути, и, следовательно, теоретически достаточно пронаблюдать одну и ту же звезду в два момента, отделенные друг от друга полугодовым промежутком времени, чтобы определить расстояние от земли до звезды. Практически эта задача является сложной и требует более значительных вычислений. В связи с вопросом об определении расстояний от земли до звезд, несомненно, находятся те параллактические движения звезд, о которых мы говорили в главе о годовом движении земли и которые являются подтверждением справедливости системы Коперника. Задачей об определении расстояний от земли до звезд астрономы интересовались давно, но впервые надежным образом определить такое расстояние удалось лишь немецкому астроному Бесселю в середине XIX столетия для звезды 61 Лебедя. Если мы будем выражать расстояние от земли до звезд в километрах, или в астрономических единицах (§ 35), то мы будем получать слишком большие числа, которые не дадут нам никакого представления о громадности этих расстояний. Поэтому при определении расстояний от земли до звезд выбирают особую единицу расстояний, именно за единицу принимают такое расстояние, которое свет, распространяющийся приблизительно со скоростью 300,000 километров в секунду, проходит в один год. Это расстояние назы-



Трираздельная туманность по снимку Килера.

вается световым годом. Ближайшая от нас звезда есть α Центавра в южном полушарии. Ее расстояние от земли составляет 4,3 световых года. В нижеследующей таблице даны расстояния некоторых звезд от земли.

Звезда.	Звездная величина.	Расстояние в световых годах.
α Центавра . .	1	4,3
Сириус	—1,6	9
61 Лебедя	6	9
Процион	0,5	10
Альтаир	0,9	16

ГЛАВА IX.

Двойные звезды, звездные скопления и туманности.

§ 70. Двойные, тройные и вообще кратные звезды.

Уже при наблюдении невооруженным глазом картина звездного неба представляет огромное разнообразие наблюдаемых предметов. При наблюдении в телескоп это разнообразие еще более увеличивается. И даже при помощи телескопа сравнительно небольших размеров, можно усмотреть на небе довольно большое число настолько близких между собою звезд, что невооруженный глаз не может разделить их и усматривает такие пары звезд в виде одиночных, ничем, повидимому, не отличающихся от всех остальных звезд, разбросанных по всему небу. Чем сильнее телескоп, которым мы пользуемся для наблюдений, тем большее число таких звездных пар мы можем в него отыскать. Такие пары звезд носят название двойных звезд. Лишь самое небольшое число двойных звезд может быть обнаружено также и невооруженным глазом. К числу таких звезд относятся, между прочим, звезда второй величины ζ в созвездии Большой Медведицы, называемая Мицаром и находящаяся на расстоянии $^1/_3$ лунного диаметра от нее, слабенькая звездочка 5 величины, носящая имя Алькор. С большим трудом различаются весьма близкие между собою звездочки θ_1 и θ_2 в созвездии Тельца возле Альдебарана. Расстояние между ними вдвое меньше расстояния между Мицаром и Алькором. Еще меньше расстояние между звездочками ε и 5 Лиры, и потому эту пару может разделить, не пользуясь телескопом, лишь очень дальнозоркий глаз. В телескопы же можно наблюдать и такие звездные

пары, составляющие которых отделены друг от друга расстоянием всего в несколько секунд дуги, а, при достаточно сильном телескопе, даже расстоянием, составляющим лишь долю секунды.

Чем же об'яснить, что некоторые звезды представляются на небе расположенными столь близко друг от друга и составляют так называемые звездные пары? Причин такого расположения может быть две. С одной стороны две звезды, находящиеся в пространстве в действительности на очень большом линейном расстоянии друг от друга, могут усматриваться случайно приблизительно по одному и тому же направлению и таким образом составить звездную пару. Такая звездная пара называется оптической двойной звездой. С другой стороны, две звезды могут и в действительности находиться на весьма близком линейном расстоянии друг от друга и могут быть физически связаны между собою. Такая звездная пара называется физической двойной звездой. Каким же образом мы можем выяснить, представляет ли данная пара физическую или оптическую звезду? Большая или меньшая близость составляющих звездной пары ответа на наш вопрос дать не может, и вопрос может быть решен лишь при помощи более или менее продолжительных наблюдений над движением звезд рассматриваемой нами пары. Если данная пара есть физическая двойная звезда, то, производя измерения относительного положения, например, более слабой звезды по отношению к более яркой, мы с течением времени заметим, что первая звезда описывает вокруг второй некоторую кривую линию. Это будет служить доказательством, что между нашими звездами существует сила притяжения, подобная той, которая существует между какой-нибудь планетой и солнцем и которая заставляет планету совершать относительно солнца движение по эллиптической кривой. В том же случае, когда наблюдаемая звездная пара представляет собою оптическую двойную звезду, наблюдения, подобные вышеописанным, обнаруживают движение одной звезды по отношению к другой по прямой линии. Вполне понятно, что особый интерес представляют физические двойные звезды. Изучение их началось со времен В. Гершеля. В настоящее время всего двойных звезд известно около 25,000, двойных же звезд, для которых физическая связь может считаться вполне доказанной, можно насчитать не более 1000. Наблюдения и теоретические исследования показывают, что в физических двойных звездах относительное движение звезды-спутника вокруг главной звезды происходит по эллиптической кривой, и что в этом движении имеет место открытый Кеплером для планетных движений закон площадей. Та кривая, которая обнаруживается наблюдениями, называется видимой орбитой звезды спутника и расположена в плоскости, перпендикулярной к линии, соединяющей глаз наблюдателя с данной звездной парой. Но вычисления показывают, что и истинная орбита, плоскость которой может составлять с плоскостью видимой орбиты какой угодно угол, есть тоже эллиптическая кривая, причем в этом случае главная звезда находится в одном из фокусов эллиптической кривой. На основании теоретических исследований с большой степенью вероятности, почти граничащей с достоверностью, можно утверждать, что движения в системах двойных звезд происходят под действием уже известного нам закона Ньютона. Это обстоя-

тельство дает нам тем большее право считать закон Ньютона действительно законом всемирного тяготения. Эллиптические пути, наблюдаемые в звездных парах, отличаются от планетных путей значительно большею вытянутостью. До сих пор с достаточною надежностью исследованы лишь пути таких двойных звезд, для которых периоды обращения не превосходят 150 лет. Особенностью в системах двойных звезд является то обстоятельство, что нередко обе звезды, и главная звезда, и звезда-спутник, бывают приблизительно одинаковых размеров и одинакового веса. Таким образом в этом отношении системы двойных звезд значительно отличаются от нашей солнечной системы.

Если телескоп открывает весьма большое число двойных звезд, то необходимо отметить, что звездные системы далеко не ограничиваются такими простыми случаями. Именно наблюдения обнаруживают существование также тройных звезд и даже еще более сложных звездных систем. Такие системы называются кратными звездами. Примером тройной звезды может служить звезда ζ в созвездии Рака. В этой системе две составляющие с расстоянием менее одной секунды образуют пару с периодом обращения в 60 лет; но кроме этих двух составляющих существует еще третья звездочка, отстоящая от них приблизительно на 5 секунд и движущаяся вокруг первой пары в течение нескольких сот лет. Пример четверной звезды дают нам упоминавшиеся в начале этого параграфа звездочки ε и 5 Лиры, из которых каждая представляет собою звездную пару, при чем обе эти пары находятся в физической связи между собой. Интересна группа звездочек, находящихся около звезды θ в созвездии Ориона, причем в состав этой системы входят 7 звезд, повидимому, соединенных между собой физически.

Задача о движениях в системах кратных звезд с теоретической стороны есть очень трудная задача, и в этом случае пока приходится ограничиваться главным образом накоплением наблюдательного материала.

Кратные звезды представляют собой переходную ступень к другим еще более сложным системам, именно к так называемым звездным скоплениям, о которых речь будет ниже.

Приведем периоды обращения для некоторых двойных звезд, наиболее надежно исследованных.

Звезда.	Период обращения в годах.
ζ Геркулеса	34,5
μ Геркулеса	44,7
ξ Большой Медведицы	59,8
α Центавра	78,8
70 Офиуха	88,4
ο Эридана	180,0
τ Кассиопеи	328,0

Говоря о двойных звездах, необходимо указать еще на одну особенность, которая останавливает на себе внимание даже и поверхностного наблюдателя. Это цвета звезд, составляющих пару. Очень часто краски составляющих звезд представляют весьма красивое сочетание. Иногда обе составляющие бывают окрашены в так называемые дополнительные цвета, т. е. такие, которые при смешении дают белый цвет. Дополнительные цвета суть: зеленый и красный, фиолетовый и желтый, оранжевый и голубой. Окрашивание составляющих двойной звезды в дополнительные цвета могло бы быть об'яснено физиологическими причинами или действием контраста, и таким образом это явление было бы лишь кажущимся. Однако, несомненно, существуют и такие звездные пары, где сочетание красок нельзя об'яснить действием контраста. Так, например, у γ Короны главная звезда желтая, а более слабая красная; тоже самое наблюдаем мы и у ξ Волопаса. Напротив того, у ε Волопаса, ζ Короны и ς Геркулеса более яркая звезда светло-желтая, а более слабая зеленая; у γ Дельфина более яркая оранжевая, менее яркая зеленоватая; у κ Арго главная звезда голубая, а спутник темно-красный и т. д.

§ 71. Системы Сириуса и Проциона.

Двойные звезды, о которых мы говорили в предыдущем параграфе, были открыты при помощи визуальных наблюдений. Но среди двойных звезд особенный интерес представляют Сириус и Процион с их спутниками. Двойственность этих звезд не была обнаружена непосредственными наблюдениями, а была предсказана на основании подмеченных периодических изменений положений главных звезд. В положении Сириуса такие изменения в сороковых годах XIX века были замечены Бесселем, который и об'яснил их влиянием невидимой, находящейся по близости Сириуса звезды, возмущающей, как говорят астрономы, движение Сириуса. На основании этих возмущений можно было вычислить путь, описываемый невидимым спутником вокруг Сириуса, и таким образом сделалось возможным указывать положение спутника по отношению к Сириусу в любой момент. Через 20 лет после того, как Бессель высказал свое предположение, спутник Сириуса был открыт Кларком в Кембридже в Северной Америке с помощью 18-дюймового рефрактора и оказался слабой звездочкой 8 величины. Таким образом ранее он не был замечен лишь потому, что при наблюдении в более слабые трубы этому мешало слишком яркое сияние Сириуса, в лучах которого спутник исчезал. Спутник Сириуса совершает полный оборот вокруг главной звезды в 49 лет по довольно вытянутому пути.

Совершенно такова же история открытия спутника Проциона. Сначала были замечены периодические изменения в положении этой звезды, и для об'яснения этих изменений было принято такое же об'яснение, как и для Сириуса. Точно также сначала теоретически был определен путь, по которому спутник должен двигаться вокруг Проциона, и были указаны положения спутника в определенные моменты. Этот спутник долго не мог быть

отыскан, и, наконец, только в 1896 г. он был открыт на Ликской обсерватории 36-дюймовым рефрактором и оказался очень слабой звездочкой 13 величины. Полный оборот вокруг Проциона спутник совершает в течение 40 лет.

§ 72. Спектрально-двойные звезды.

Звездные пары Сириуса и Проциона представляют пример такого случая, когда спутник долгое время не мог быть открыт вследствие того, что по своей незначительной яркости он не был доступен слабым астрономическим инструментам. Но может быть и другая причина того, что при наблюдении в астрономическую трубу двойная звезда не разложится на составляющие. Это будет в том случае, когда расстояние между составляющими очень мало. При настоящих инструментальных средствах в самые сильные телескопы можно разделять такие звездные пары, расстояние между составляющими которых несколько меньше одной секунды дуги. Но и в этом случае иногда двойственность звезды может быть обнаружена только потому, что звезда, хотя и представляется одиночной, но имеет продолговатую форму. Однако, могут существовать звездные пары с таким небольшим расстоянием между составляющими, что даже в самые сильные современные телескопы они будут представляться в виде одиночных звезд. Тем не менее мы имеем в своих руках средства безошибочно указать, что та или другая звезда, представляющаяся нам в телескоп одиночной, на самом деле состоит из двух составляющих. То могучее средство, при помощи которого мы можем распознавать такие двойные звезды, есть уже известный нам спектральный анализ. В данном случае астрономы пользуются принципом Доплера-Физо, на основании которого при приближении светила к нам спектральные линии в его спектре смещаются к красному концу, а при удалении от нас к фиолетовому. Такие звезды, двойственность которых может быть установлена только при помощи спектрального анализа на основании принципа Доплера-Физо, называются спектрально-двойными звездами. Спектрально-двойные звезды, не разрешимые на отдельные составляющие при визуальных наблюдениях даже в сильнейшие телескопы, разделяются на два класса. К первому классу относятся такие пары, в которых одна составляющая представляет собою тело светлое, а другая темное. Второй же класс заключает в себе такие спектрально-двойные звезды, в которых обе составляющие суть светлые тела, посылающие нам собственный свет. В спектрах звезд первого класса мы наблюдаем периодические смещения спектральных линий. В каждой системе двойной звезды обе составляющие, по законам механики, движутся вокруг общего центра по эллиптическим кривым. В случае звезд первого класса мы наблюдаем спектр только одной светлой звезды, другая же составляющая, как тело темное, никакого спектра не дает. Поэтому, когда при движении вокруг общего центра светлое тело движется прямо на нас, а темное от нас удаляется, то мы будем наблюдать в спектре звезды смещение спектральных линий к фиолетовому краю; наоборот, когда светлое

тело от нас удаляется, а темное движется прямо на нас, то мы будем наблюдать смещение тех же спектральных линий к красному краю. Наконец, в те моменты, когда обе составляющие, и светлая, и темная, движутся по направлению, перпендикулярному к лучу зрения, мы будем наблюдать спектральные линии на их нормальных местах, т. е. никакого смещения в этом случае не произойдет. Очевидно, что, когда светлая звезда будет занимать некоторое промежуточное положение между теми, которые мы только что рассмотрели, то опять будут наблюдаться смещения спектральных линий к фиолетовому или красному концу спектра, но только на величину меньшую, чем при движении звезды прямо на нас или прямо от нас. Таким образом в спектрально-двойных звездах первого класса, действительно, наблюдаются непрерывные периодические смещения спектральных линий то в одну, то в другую сторону от их нормального, среднего положения.

Если мы будем наблюдать спектр спектрально-двойной звезды второго класса, то перед нами предстанет уже другая картина. В этом случае каждая из составляющих, как тело светлое, будет давать свой спектр, и оба эти спектра будут налагаться один на другой. Так как обе составляющие принадлежат к одному и тому же спектральному классу и характеризуются одинаковыми спектрами, то, при движении этих составляющих вокруг общего центра, в те моменты, когда их движения происходят по направлению, перпендикулярному к лучу зрения, мы будем наблюдать нормальный спектр нашей звезды, в котором все линии будут занимать их средние положения. Если же одна из светлых составляющих движется по лучу зрения прямо на нас, а другая по прямо противоположному направлению, то в спектре первой звезды определенная спектральная линия сместится к фиолетовому концу, а в спектре другой составляющей в тот же самый момент будет наблюдаться смещение той же спектральной линии к красному концу. Следовательно, так как оба спектра накладываются друг на друга, мы будем наблюдать в такие моменты не смещения, а раздвоения спектральных линий и притом на наибольшую возможную величину. Когда же составляющие звезды занимают положения, промежуточные между рассмотренными нами, будут также наблюдаться раздвоения линий, но только на меньшую величину. Таким образом в спектрально-двойных звездах второго класса наблюдаются не смещения, а периодические раздвоения спектральных линий, чем они существенным образом и отличаются от звезд первого класса.

Типичным представителем спектрально-двойных звезд является β в созвездии Персея или Алголь, имеющий темного спутника. Об этой звезде еще придется говорить в следующей главе. Темного спутника также имеет звезда α в созвездии Девы, или Спика. Как пример спектрально-двойной звезды второго класса, может служить Мицар или ζ Большой Медведицы. Точно так же спектрально-двойной звездой, состоящей из двух светлых составляющих, является звезда β в созвездии Лиры. Об ней мы также будем еще говорить в следующей главе.

В настоящее время открыто всего около 600 спектрально-двойных звезд.

§ 73. Звездные скопления.

Выше мы видели, что на небе существуют кроме одиночных звезд также звезды двойные, тройные и вообще кратные. Но при более подробном обозрении звездного неба мы открываем и еще более сложные звездные системы, состоящие из весьма большого числа отдельных звезд, расположенных на весьма небольшом участке неба. Это так называемые звездные кучи, или звездные скопления. Правда, в звездных скоплениях еще не удалось наблюдать движения отдельных составляющих вокруг общего центра. Но многие другие причины заставляют думать, что мы в этом случае имеем дело не со звездами, лишь случайно усматриваемыми нами на одном и том же участке неба, но с небесными телами, имеющими между собою более тесную, физическую связь. На это между прочим могут указывать приблизительно одинаковые собственные движения у различных составляющих одной и той же звездной кучи, принадлежность этих составляющих к одному и тому же спектральному классу и некоторые другие общие для многих из них явления. Некоторые из звездных скоплений могут быть наблюдаемы даже невооруженным глазом. К числу таких наиболее значительных звездных куч относятся Плеяды и Гиады. Оба эти звездные скопления лежат в созвездии Тельца. Плеяды это очень характерная, легко бросающаяся в глаза группа звезд, в которой обыкновенный глаз без особого труда различает от 6 до 8 наиболее крупных звезд, а более зоркий до 12. Телескоп же открывает в этой группе весьма значительное число слабых звезд. При фотографировании этой группы при весьма большой выдержке, именно в несколько часов, на фотографической пластинке воспроизводятся несколько тысяч мелких звезд.

Вторая группа Гиады лежит около звезды Альдебарана. Главнейшие звезды этого скопления расположены в виде горизонтально лежащей латинской буквы V.

Из других звездных скоплений, видимых невооруженным глазом, правда, лишь в виде туманных пятен, следует упомянуть прежде всего о группах h и χ в созвездии Персея. В сравнительно небольшой телескоп эти группы представляют весьма красивую картину, и в них весьма легко различается большое число отдельных звездочек.

Затем невооруженный глаз, также в виде туманного пятна, замечает в созвездии Рака скопление, носящее название Ясли или Praesepe. И эта группа в телескоп легко разделяется на отдельные звезды, так что наблюдатель точно может измерить взаимные расстояния между ними.

Кроме этих, наиболее значительных звездных скоплений, легко разрешимых на отдельные звезды или невооруженным глазом, или по крайней мере в телескопы, на небе имеется весьма большое число гораздо более тесных звездных куч, в которых даже и при помощи астрономических труб можно различать отдельные звезды лишь на краях скоплений, в центре же звезды нередко бывают так тесно скучены, что центр скопления даже и в трубы представляется в виде яркого пятна. Впрочем, существуют и такие звездные кучи, которые даже в сильнейшие телескопы не удается разделить на

отдельные звезды, и только спектроскопические исследования убеждают нас в том, что мы имеем дело с звездными скоплениями, так как они дают непрерывный спектр, который представляет собою так сказать целый ряд наложенных друг на друга спектров отдельных звезд, входящих в состав данного скопления.

Звездные скопления, состоящие из мельчайших, тесно скученных звезд, имеют приблизительно круглую форму; очертания же звездных куч, в которых резко выделяются отдельные более яркие звезды, нередко обладают неправильной формой. Число звезд, входящих в звездные кучи, бывает чрезвычайно велико. В некоторых из них удавалось насчитывать до 2000 звезд, доступных телескопам. В последнее время в звездных кучах было обнаружено большое число так называемых переменных звезд, о которых речь будет в следующей главе. Замечательно, что в одной и той же звездной группе такие переменные звезды меняют свою яркость примерно по одному и тому же закону. При изучении звездных скоплений в новейшее время громадную услугу оказала астрономии небесная фотография. До применения фотографии к изучению небесных светил было необыкновенно трудно разобраться среди огромного количества звезд, скученных в одном скоплении. Если же такая звездная куча сфотографирована, то потом уже с большим удобством можно на фотографической пластинке изучать взаимное расположение отдельных звезд. Если фотографирование одного и того же звездного скопления произвести два раза через достаточно продолжительный промежуток времени, то изучение таких снимков может пролить некоторый свет на возможные перемещения отдельных звезд внутри звездных скоплений.

Из телескопических скоплений особенно характерными и известными являются скопления в созвездии Геркулеса и в созвездии Центавра, имеющие правильную круглую форму. Первая из этих звездных куч изображена на табл. VI, рис. 1.

§ 74. Туманности.

Кроме таких образований, которые даже и в сильнейшие телескопы представляются в виде светлых пятен, но при изучении их при помощи спектрального анализа дают непрерывный спектр, и которые вследствие этого должны быть отнесены к звездным скоплениям, на небе имеется весьма большое число действительных туманностей, состоящих, как это показывают спектральные исследования, из очень разреженного газообразного вещества. Они имеют вид слабых светлых пятен. Туманности были известны уже Птоломею, который насчитывал их 5. Из его туманностей две впоследствии оказались звездными скоплениями. Затем Галлей открыл еще 6 туманностей. Первое более правильное обследование неба в смысле отыскания туманностей было сделано Лакайлем около 1750 г. Он насчитал более 40 туманностей и скоплений. После него наиболее интересовался этим вопросом В. Гершель, который составил каталог, содержащий не менее 2500 туманностей и звездных куч. Теперь туманностей известно более 8000. Все туманности

можно разделить на 2 класса: на туманности неправильной формы, часто имеющие вид спирали, и на туманности, которые в телескоп представляются кружками, напоминающими планетные диски. Эти последние туманности носят название планетарных, и к этому же классу можно отнести и кольцеобразные туманности.

Спектр туманностей состоит из небольшого числа светлых линий. Наиболее резкие из них соответствуют длинам волн в 500,7, 495,9 и 486,2 ми-

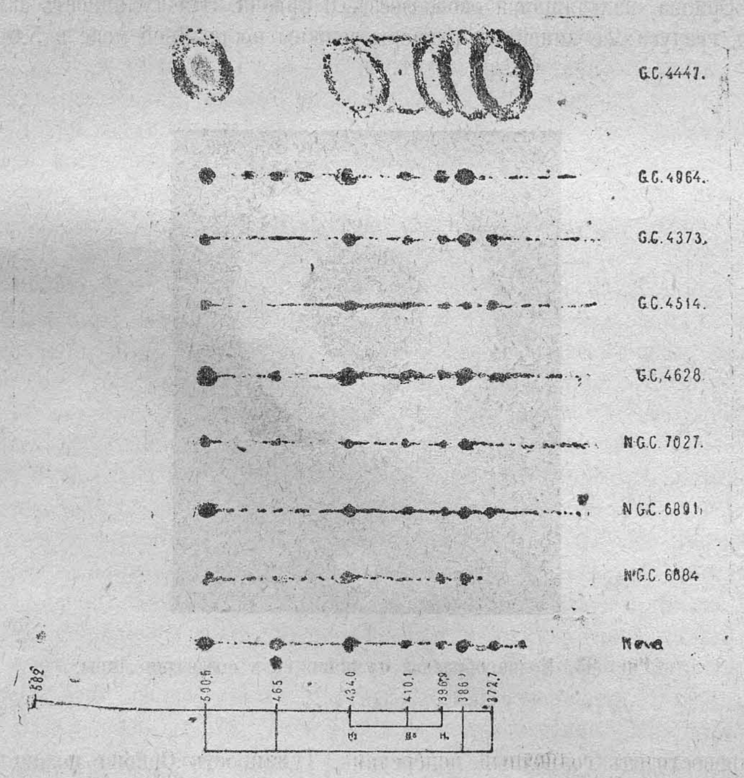


Рис. 84. Спектры туманностей, полученные при помощи призмы, установленной пред об'ективом трубы.

кромикронов. Первая линия ярче двух других. Кроме этих трех линий наблюдаются иногда еще и другие, но они обыкновенно бывают чрезвычайно слабы и более или менее ярко выступают лишь в спектре немногих больших туманностей. Первая из перечисленных выше трех линий принадлежит водороду, другие же две неизвестному газу, названному небулием от латинского слова *nebula*, что значит туманность. Среди слабых линий есть линии гелия. Таким образом туманности состоят главным образом из водорода, гелия и небулия, находящихся в газообразном, светящемся состоянии.

Но свечение туманностей, по мнению большинства астрономов, зави-

сит не от раскаленного их состояния, а должно быть об'яснено иными причинами. Температура туманностей, по всей вероятности, очень низка и близка к температуре междузвездного пространства. Причина свечения туманностей может заключаться или в особого рода электрических силах, или в явлении, подобном явлению фосфоресценции, которое, вероятно, известно читателям, наблюдавшим его на коробках фосфорных спичек.

Перечислим теперь несколько самых замечательных туманностей.

Самой большой туманностью и притом самой яркой является туманность Ориона, находящаяся около звезды θ Ориона. Эта туманность занимает 4,6 кв. градуса; ее линейные размеры должны по крайней мере в 5.000,000

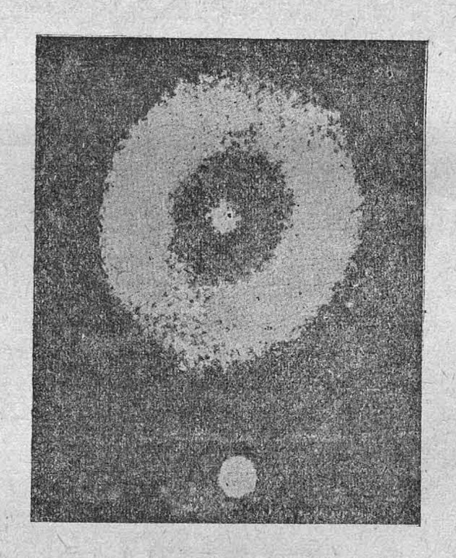


Рис. 85. Кольцеобразная туманность в созвездии Лиры.

раз превосходить солнечный поперечник. Туманность Ориона можно видеть невооруженным глазом. В своей самой светлой части эта туманность имеет облакообразное строение. В трубы небольших размеров она представляет собою чрезвычайно красивую картину, при чем весьма яркие части местами очень резко переходят в слабо освещенные. В сущности всю эту большую туманность можно рассматривать, как состоящую из нескольких отдельных частей.

Также весьма замечательной является большая туманность Андромеды, которая в небольшие трубы имеет овальную форму и в которой при наблюдении в сильные телескопы различается спиральное строение. Она простирается на 3 градуса в длину и на 2 градуса в ширину. Эта туманность дает нам непрерывный спектр, и таким образом можно думать, что она представляет собою звездную кучу, хотя разложить ее на отдельные звезды до сих пор не удалось. Но, вероятнее всего, она представляет собою

нечто среднее между звездными скоплениями и действительными туманностями.

Большой интерес представляет туманность или точнее ряд туманностей в Плеядах, так как в действительности оказывается, что в этой звездной куче отдельные звезды окружены туманным веществом. В данном случае подробное изучение этих туманностей возможно лишь при помощи фотографии, и чем дольше производится фотографирование, тем большее количество туманного вещества обнаруживается в Плеядах.

Уже небольшим трубам доступна красивая кольцеобразная туманность в созвездии Лиры (рис. 85). Внешний диаметр кольца этой туманности достигает 1 минуты дуги. Если в небольшие трубы эта туманность представляется действительно в виде кольца, то с помощью более сильных инструментальных средств легко обнаруживается, что и внутренняя часть кольца вся заполнена разреженной туманной массой, вследствие чего и эта внутренняя часть представляется светлее фона неба, окружающего самую туманность. Благодаря этому такая кольцеобразная туманность и может быть отнесена к разряду планетарных.

Самая большая из характерных планетарных туманностей находится около звезды β Большой Медведицы. Она имеет вид большого, равномерно освещенного, совершенно правильного, но не резко очерченного туманного пятна. На краях яркость туманности сразу уменьшается.

Телескоп и фотография открывают на небе весьма большое число спиральных туманностей. Одна из них, находящаяся в созвездии Охотничьих Собак, изображена на табл. VI, рис. 2. В таких туманностях спирали представляют весьма нежное строение, и по мере удаления ветвей от центра туманности вещество в этих ветвях делается все более и более разреженным. Туманность в Охотничьих Собаках в поперечнике достигает 5 минут дуги и, следовательно, занимает на небе участок приблизительно в 6 раз меньше участка, занимаемого луной. В спиральных туманностях очень часто в отдельных ветвях наблюдаются более яркие звезды. Повидимому, эти звезды составляют одну общую систему вместе с ветвями туманности.

Совершенно особый тип представляет собой туманность, находящаяся в созвездии Лебедя. Эта туманность имеет форму дуги, лишь слегка изогнутой и занимающей на небе пространство в $1^1/_3$ градуса. Она состоит из отдельных тонких волокон, которые сложно переплетаются друг с другом и местами имеют спиральное строение. В этом случае туманное вещество далеко не сплошь занимает то пространство, на котором расположена эта туманность. Туманность напоминает нежные перистые облака, которые приходится иногда наблюдать летом. Эта туманность получена при помощи фотографии.

Точно также при помощи фотографии получено изображение весьма красивой туманности, получившей название Трираздельной. Эту туманность читатель найдет на табл. VII. В Трираздельной туманности особенно характерны три темные полосы, которые разделяют ее на три отдельные части.

Уже из рассмотрения тех туманностей, которые были перечислены выше, ясно видно, как разнообразна может быть их форма. К этому необхо-

димо добавить, что очертания, которые тот или другой наблюдатель придает изучаемой им туманности, всецело зависят от инструментальных средств, находящихся в распоряжении наблюдателя. Нередко фотография, снятая с какой-нибудь туманности, бывает очень мало похожа на рисунок той же туманности, сделанный на основании визуальных наблюдений, хотя бы и при помощи сильного телескопа. Конечно, фотографии, как наиболее беспристрастному способу в деле изучения туманностей, должно быть отдано предпочтение. В новейшее время во всяком случае установлено, что среди всех известных нам туманностей все же преобладает спиральная форма. Наконец,



Рис. 86. Типы туманностей.

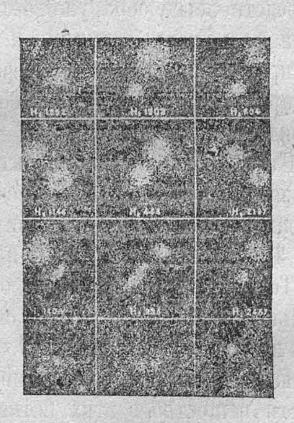


Рис. 87. Двойные туманности.

необходимо еще упомянуть, что как среди звезд мы встречаем звезды одиночные, двойные, тройные и вообще кратные, так и среди туманностей наблюдения обнаруживают не только одиночные, но также двойные и даже тройные. В этом случае мы иногда наблюдаем два отдельных пятнышка, находящихся друг от друга на некотором, хотя и весьма близком расстоянии; иногда же такие два пятнышка соединяются друг с другом тоненьким мостиком. Различные типы двойных туманностей изображены на рис. 86 и 87.

Если допустить, что каждая одиночная звезда образовалась, как полагают некоторые, из первичного туманного вещества, то можно думать, что двойные туманности представляют собою первообраз двойных звезд.

ГЛАВА X.

Переменные и новые звезды.

§ 75. Способы наблюдений переменных звезд.

На небе существуют такие звезды, яркость которых не остается все время постоянной. Иногда эта яркость бывает подвержена весьма значительным периодическим изменениям, иногда же она колеблется лишь в очень тесных пределах. Законы колебаний яркости для различных звезд бывают весьма различны. Такие звезды называются переменными звездами, и большое разнообразие явлений, наблюдаемых в этих звездах, служит причиной того, что мы им посвящаем отдельную главу. Число таких звезд, переменность которых может считаться в настоящее время вполне установленной, превышает 600. Но кроме того есть еще очень много сомнительных случаев, для которых окончательное решение до сих пор не могло быть высказано. Хотя первые переменные звезды открывались при помощи визуальных наблюдений, но тем не менее в настоящее время фотография дает нам в руки наилучший способ открывать переменные звезды. Как это делается, это легко усматривается из рисунка 88. По предложению Пикеринга на одну фотографическую пластинку снимается целый ряд звезд, находящихся на определенном более или менее значительном участке неба. Следующую ясную ночь на ту же самую фотографическую пластинку, но только несколько сдвинутую, фотографируются те же самые звезды, при чем выдержка при этом фотографировании должна быть совершенно та же, как и в первый раз. Такой процесс продолжается и каждую следующую ясную ночь. В таком случае каждая из фотографируемых звезд даст на пластинке ряд изображений в виде небольших кружечков, лежащих один подле другого. Для всех тех звезд, яркость которых все время остается постоянной, эти кружечки будут одинаковых размеров и одинаковой черноты. Правда, может случиться, что в какую-нибудь из ночей прозрачность воздуха случайно была гораздо меньше, чем во все остальные ночи. В таком случае при одинаковой выдержке в эту ночь кружечки для всех звезд должны получиться несколько меньшими и более тусклыми, но еще раз необходимо подчеркнуть, что это явление будет иметь место безусловно для всех звезд. Если же для какой-нибудь одной звезды мы заметим на пластинке постепенное уменьшение кружечков, представляющих изображение звезды, наконец, полное исчезновение ее изображения на пластинке и затем новое появление кружечков, изображающих ту же звезду, сначала маленьких, а затем все более и более увеличивающихся, то это будет служить бесспорным указанием на то, что звезда, к которой относятся все описанные явления, есть переменная. На рис. 88 такая переменная звезда указана стрелкой.

Но если открывать переменные звезды весьма удобно, пользуясь фотографией, то исследовать изменения яркости уже открытой переменной звезды лучше всего при помощи визуальных наблюдений, если только звезда не слишком слаба. При визуальных наблюдениях переменных звезд можно пользоваться самыми простыми инструментами, например, биноклем, а иногда

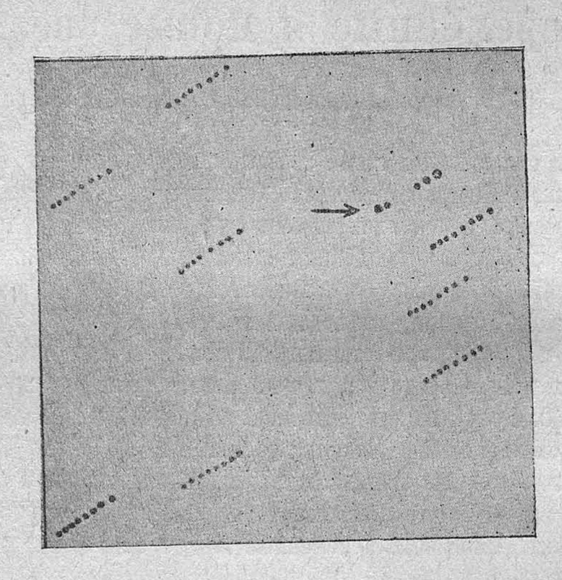


Рис. 88. Фотографический способ открывать переменные звезды.

можно обойтись даже и совсем без инструмента. Для исследования переменных звезд при помощи визуальных наблюдений пользуются способом Аргеландера. Для этой цели в той области неба, где находится изучаемая переменная звезда, выбирают, по возможности поблизости от нее, ряд так называемых звезд сравнения, которые все должны быть постоянной яркости, и одни из них должны быть ярче переменной, а другие слабее, но так, чтобы разность яркостей не была слишком велика. В каждую ясную ночь наблюдатель на глаз оценивает отношение яркости переменной звезды к яркости каждой из звезд сравнения. Практика показала, что с весьма большою степенью точности можно определять на глаз как равенство яркостей, так и разницу их в несколько десятых долей звездной величины.

Более слабые звезды, конечно, не могут быть изучаемы при помощи изложенного метода, и к их изучению уже приходится применять точные фотометрические исследования.

Заметим, что переменные звезды нередко обозначают большой буквой латинского алфавита, начиная с R и до конца алфавита. Иногда приходится употреблять для их обозначения двойные буквы, например, *RR*, *RS*, *RT*, ZZ, и т. д.

§ 76. Переменные звезды типа Алголя и β Лиры.

Переменных звезд так много и законы, по которым происходят изменения их яркости, столь разнообразны, что оказалось необходимым установить для них определенную классификацию. Следуя Пикерингу, различают 4 класса переменных звезд, и кроме того в особый класс выделяют так называемые новые или временные звезды, которые по существу также могут быть присоединены к переменным. Мы изучение переменных звезд начнем с наиболее исследованного класса, именно со звезд типа Алголя. Такое название этот класс получли по главнейшему своему представителю, именно по звезде Персея, носящей название Алголя. Изменения яркости звезд этого класса отличаются чрезвычайною правильностью и об'ясняются периодически происходящими затмениями или покрытиями одного небесного тела другим. Это характерный признак для данного класса. Из 93 звезд этого типа, исследованных до 1913 года, для 83 звезд период, в течение которого происходят изменения яркости, меньше 10 дней, и лишь для остальных 10 звезд он превосходит 10 дней. Наибольшим периодом, равным 27,1 годам, обладает звезда ε Возничего, наименьший же период, всего в 15 часов, наблюдается у звезды ZZ Лебедя.

Этот класс в свою очередь подразделяется на два подкласса. Типичным представителем первого подкласса является сам Алголь. Полный период изменения яркости этой звезды составляет 2 дня 20 часов 49 минут. Самые изменения яркости происходит следующим образом. В течение приблизительно 2½ дней яркость Алголя не меняется, и звездная величина его выражается числом 2,3. Затем его яркость начинает быстро понижаться и в течение 4½ часов падает с 2,3 до 3,5 звездной величины. Наименьшей яркостью Альголь обладает очень недолго, и тотчас же в течение следующих 4½ часов она снова увеличивается до прежнего своего значения. Эти изменения происходят с замечательной правильностью.

Обычно ход изменения яркости любой переменной звезды изображают графически. С этой целью поступают следующим образом. На разделенной на миллиметры бумаге вычерчивают две оси, одну горизонтальную, другую вертикальную. По горизонтальной оси, называемой осью абсцис, откладывают время, считая, например, по два часа на один миллиметр. Конечно, можно принять и какой-нибудь другой масштаб. По вертикальной оси, называемой осью ординат, откладывают яркость, считая, напр., по $^1/_{10}$ звездной величины на каждый миллиметр. Отмечая яркости, соответствующие определенным моментам наблюдений, мы получим ряд точек, через которые и должны затем провести непрерывную кривую линию; эта последняя и изобразит ход изменения яркости переменной звезды. Таким образом, на рис. 89 получена кривая изменения яркости, или так наз. световая кривая для Алголя.

Причина изменений яркости Алголя может считаться в точности известной, именно Алголь представляет собою систему двойной звезды, одна составляющая которой светлая, а другая темная, и обе эти составляющие

по законам механики, совершают движение вокруг общего центра. Яркую звезду мы будем называть главной, а темную спутником. Пути, описываемые главной звездой и спутником, расположены так, что при движении обоих звезд, происходящем с необыкновенною правильностью, для наблюдателя периодически, через определенные промежутки времени, спутник будет покрывать часть главной звезды. С того момента, как спутник начнет закрывать часть главной звезды от наблюдателя, яркость Алголя должна понижаться. Это и продолжается в течение 4½ часов. В конце этого промежутка спутник закрывает наибольшую часть главной звезды, и тогда наступает момент наименьшей яркости Алголя. Затем спутник начинает постепенно сходить с главной звезды, и яркость Алголя снова начинает увеличиваться. Когда, наконец, спутник совершенно сойдет с главной звезды, яркость Алголя достигает наибольшей величины и сохраняет свое значение в течение 2½ дней, так как при дальнейшем движении обоих звезд спутник уже не располагается между наблюдателем и главной звездой. Таким образом, переменность Алголя об'ясняется затмениями, и сам Алголь, как легко понять из предыдущего, представляет собою спектрально-двойную звезду первого класса, что и подтверждается спектральными исследованиями, обнаруживающими смещения линий в спектре этой звезды.

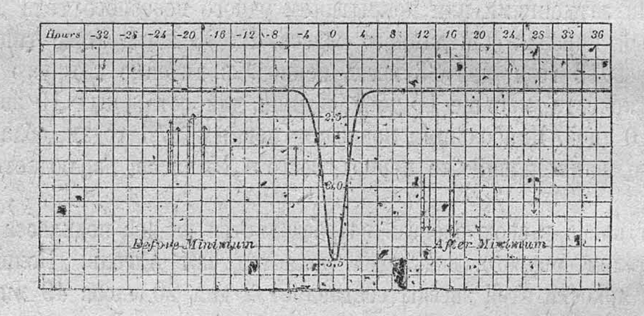


Рис. 89. Световая кривая для Алголя.

Изменения яркости всех звезд этого подкласса происходят с такою же правильностью, и разница заключается лишь в величине периода, а также в размахе или амплитуде колебаний самой яркости. Об'ясняется переменность всех этих звезд совершенно так же, как и для Алголя.

Типичным представителем второго подкласса является переменная звезда Лиры. У звезд этого подкласса изменения яркости происходят тоже с чрезвычайной правильностью, но в течение полного периода этих изменений яркость звезды два раза достигает наибольшего значения и два раза наименьшего, причем наименьшее значение яркости неодинаково в обоих случаях. Звезды этого подкласса также принадлежат к спектрально-двойным, но только с двумя светлыми составляющими.



Туманность в созвездии Лебедя.

Для звезды β Лиры полный период изменения ее яркости составляет 12 дней 21 час 47 минут. Наибольшее значение яркости звезды β Лиры выражается в звездных величинах числом 3,4. Проследим изменения яркости этой звезды, начиная с некоторого момента наибольшей ее яркости. Яркость ее постепенно и правильно падает и приблизительно через 3,5 суток достигает наименьшего значения, которое равняется 4,5 звездной величины. После того яркость начинает постепенно и правильно возрастать и приблизительно через такой-же промежуток времени снова достигает своего прежнего значения. Затем опять начинается понижение яркости, но уже несколько более медленное и приблизительно через 3 суток она падает до 3,9 звездной величины. Это и есть вторичный минимум яркости. После этого вторичного минимума опять приблизительно в течение 3 дней яркость увеличивается

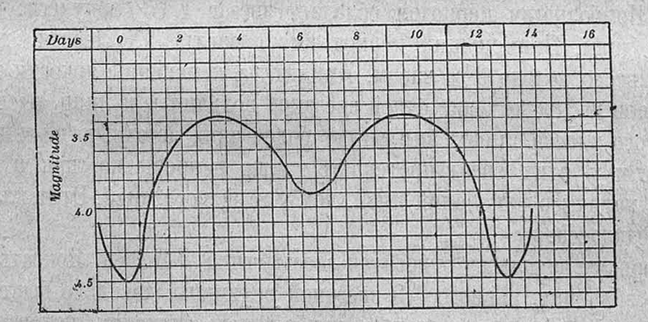


Рис. 90. Световая кривая для β Лиры.

совершенно так же, как она до сих пор уменьшалась, и наконец, опять достигает своего наибольшего значения, равного 3,4 звездной величины. После этого все явления повторяются в прежнем порядке.

Изучение спектра этой переменной звезды обнаруживает периодическое раздваивание спектральных линий, в соответствии с периодическими изменениями яркости. Это доказывает, что в данном случае мы имеем дело с спектрально-двойной звездой второго класса, иначе говоря — с системой двух светлых звезд. Когда обе звезды располагаются так, что одна находится рядом с другой, то наступает момент наибольшей яркости, так как в этом случае свет посылают нам обе составляющие. Это бывает тогда, когда обе звезды движутся по лучу зрения, и одна из них к нам приближается, а, другая от нас удаляется. В те же моменты, когда обе звезды движутся перпендикулярно к лучу зрения, одна звезда закрывает другую, и при таких условиях яркость переменной звезды делается наименьшей. Если допустить, что обе составляющие обладают различными яркостями, то яркости во время минимума будут различны в зависимости от того, какая из составляющих в данный момент скрыта от нас. Когда скрыта более яркая звезда, то должно наблюдаться более значительное падение яркости во время минимума; если же скрыта менее яркая звезда, то будет наблюдаться и менее значительное уменьшение яркости переменной.

Кривая, изображающая на рис. 90 изменения яркости звезды β Лиры, имеет весьма плавный ход. В действительности наблюдения в различных местах кривой дают некоторые отклонения от этого плавного хода, и в известных случаях эти отклонения, повидимому, не могут быть об'яснены случайными ошибками, а действительно существуют в природе.

§ 77. Переменные звезды типа δ Цефея, типа ζ Близнецов и Анталголи.

К следующему классу переменных звезд относятся звезды с короткими периодами, обладающие тоже большою правильностью изменений яркости, причина которых, однако, не заключается в затмении одной звезды другою. К этому классу относятся 130 звезд, периоды которых не превосходят 1—2 месяцев. Наибольшим периодом обладает звезда UU Геркулеса: для нее он равен 45 дням. Наименьший период имеет звезда XX Лебедя, для которой он равен всего только 3¼ часам. Амплитуда изменений яркости в большинстве случаев не превосходит одной звездной величины, и лишь очень немногие звезды этого класса имеют амплитуду более двух звездных величин. Изменения яркости у этих звезд протекают также непрерывно, как и у β Лиры, но самый характер изменений иной, чем у этой последней. Этот класс делится на три подкласса.

К первому подклассу относятся звезды типа δ Цефея. Яркость ее от наименьшего значения, равного 4,9 звездной величины, довольно быстро, приблизительно в 1½ дня, возрастает до наибольшего значения, которое равняется 3,7 звездной величины. После этого начинается падение яркости, происходящее уже гораздо медленнее, и наименьшего значения яркость достигает примерно через 4 дня после момента наибольшей яркости. Кроме того, это падение происходит не на всем протяжении одинаково: дойдя до величины 4,0 приблизительно в ½ дня, яркость некоторое время падает чрезвычайно медленно, после чего падение снова начинается с более значительной быстротой. Период изменения яркости звезды δ Цефея составляет около 5½ дней.

Ко второму подклассу относятся звезды типа ζ Близнецов. Кривая изменений яркости этой звезды имеет очень правильную форму, без всяких отклонений. Яркость звезды ζ Близнецов изменяется в пределах от 3,7 до 4,3; период этих изменений составляет около 10 дней. Самые изменения происходят чрезвычайно плавно. Удовлетворительного об'яснения изменений яркости звезд типа δ Цефея и ζ Близнецов не имеется, и хотя звезды этих типов тоже суть звезды спектрально-двойные, но тем не менее в этих случаях не приходится говорить о затмениях одной звезды другою, так как наблюдаемые смещения спектральных линий не находятся в надлежащем соответствии с изменениями яркости.

К третьему подклассу относятся так называемые Анталголи, т. е. такие переменные звезды, у которых характер изменений яркости как раз обратный тому, который наблюдается у звезд типа Алголя. К числу Анталголей принадлежит между прочим звезда *ST* Девы. Наименьшая яркость этих звезд сохраняется некоторое время неизменной, затем начинается

быстрое повышение яркости, и, достигнув своего наибольшего значения, яркость начинает падать, при чем для звезды ST Девы это падение происходит медленнее, чем повышение. Достигнув наименьшего значения, яркость снова остается некоторое время неизменной. С момента, когда яркость начинает снова повышаться, все явления повторяются в прежнем порядке. К типу Анталголей принадлежат преимущественно слабые звезды в шаровидных звездных кучах, о чем было сказано в § 73. Большинство звезд этого типа имеют короткие периоды от 7,9 до 16 часов.

§ 78. Переменные звезды с неправильными изменениями яркости.

К третьему классу относятся такие переменные звезды, для которых нет возможности установить ни периода колебаний яркости, ни амплитуды этих колебаний. Звезды этого класса обыкновенно имеют красноватый оттенок и обладают спектром класса III а по классификации Фогеля. В спектре этих звезд наблюдаются полосы некоторых химических соединений, напр., окиси титана. В главе о солнце мы видели, что полосы, принадлежащие окиси титана, наблюдаются в спектре солнечных пятен. Поэтому мы можем думать, что на поверхности звезд III-го класса происходят явления аналогичные солнечным пятнам и при том, может быть, в более широких размерах. Эти явления могут происходить с гораздо большими неправильностями, чем на солнце, и они могут служить причиной переменности звезд III-го класса. Во всяком случае звезды эти представляют собою тела, уже значительно охладевшие. Примером звезд III-го класса является замечательная звезда η в созвездии Арго. Впервые подробно эту звезду исследовал Д. Гершель. Он ее наблюдал то как звезду 1-ой величины, то как звезду 2-ой величины, и в этих пределах яркость ее колебалась без какой-либо правильности. В 1837 году яркость этой звезды быстро возрасла, и эта звезда по своей яркости занимала 4-ое место на всем небе, уступая звезде южного полушария α Центавра. Затем яркость η Арго немного ослабела, так что в 1839 году она равнялась по яркости Альдебарану. В 1843 году яркость переменной снова значительно увеличилась: еще в феврале этого года она по яркости равнялась Альдебарану, а уже в апреле достигла яркости Сириуса. После этого примерно в течение 25 лет яркость переменной постепенно падала, и в 1867 г. она сделалась телескопической звездой 7-ой величины. Такую яркость она сохраняет и до сих пор. Спектр этой звезды состоит из ряда светлых и темных линий. Никаких определенных сведений о том, что происходит в переменных звездах III-го класса мы не имеем.

§ 79. Переменные типа o Кита.

К четвертому классу относятся такие переменные звезды, у которых колебания яркости, а также продолжительность периодов, подвержены некоторым неправильностям, но для которых все же можно установить, как

среднюю продолжительность периода, так и пределы, внутри которых изменяется их яркость, чем они существенно отличаются от переменных звезд III-го класса. Типичным представителем звезд IV-го класса является звезда в созвездии Кита, иначе называемая *Mira*, что значит по-русски «Удивительная». Периоды звезд IV-го класса заключаются в пределах от 50 до 700 дней. Звезды этого класса обыкновенно принадлежат к III-му спектральному типу по Фогелю и обладают красноватым цветом. Замечательно, что, чем сильнее красноватый оттенок звезды, тем больше обыкновенно продолжительность периода изменений ее яркости.

Переменность главной представительницы этого класса, звезды *o* Кита, была установлена во второй половине XVII века. Продолжительность периода колебаний яркости в среднем составляет 11 месяцев, но от одного периода к другому она может значительно колебаться: наименьшая продолжительность равняется 320 дням, наибольшая 370. При наибольшей своей яркости *o* Кита бывает от 5 до 1 величины; но предсказать заранее, какой звездной величины, заключающейся в этих пределах, она достигнет в момент наибольшей яркости, мы совершенно не можем. При наименьшей яркости ее звездная величина спускается до 8 или даже 9-ой, и следовательно в этом случае Кита делается телескопической звездочкой. Спектр этой звезды относится к типу III а по классификации Фогеля. В общем звезды этого класса изучены еще не достаточно хорошо. Для об'яснения их переменности обыкновенно принимают, что на поверхности звезды происходят явления, подобные явлению солнечных пятен, и так как мы видели, что продолжительность периода пятнообразовательной деятельности солнца подвержена значительным изменениям, то и для переменных звезд IV класса становятся понятными отклонения отдельных значений периода от его средней величины. Различная яркость в моменты наибольшего блеска звезд этого класса об'ясняется большим или меньшим затуханием пятнообразовательной деятельности на поверхности этих звезд в различные периоды.

Имея в виду все вышеизложенное, можно предположить, что и наше солнце относится к числу переменных звезд IV-го класса. Правда, солнце наше обладает спектром типа II-а по Фогелю; но нужно иметь в виду, что и некоторые переменные звезды IV-го класса имеют такой же спектр.

§ 80. Новые или временные звезды.

Наконец, совершенно особый класс переменных звезд составляют так называемые новые или временные звезды. Это такие звезды, которые вспыхивают внезапно, достигают сразу большой яркости, превосходящей иногда яркость самых блестящих светил нашего звездного неба, светят некоторое время, а затем яркость их падает, и они часто совсем исчезают или же ослабевают до еле заметных телескопических звездочек, какими и остаются все последующее время. На том месте, где появляются такие новые звезды, раньше, до их появления, в прежних астрономических записях, или на снятых раньше фотографических пластинках, или нельзя обнаружить никаких следов хотя

бы слабой звездочки, или иногда отыскивается, но во всяком случае очень слабенькая, телескопическая звездочка. В настоящее время новые звезды наблюдаются довольно часто. В прежние же времена, когда астрономы не были вооружены достаточными наблюдательными средствами, обычно наблюдались только такие новые звезды, которые при своей первой вспышке достигали очень значительной яркости. Название временных, повидимому, более подходит к этим особенным светалим, так как они временно делаются довольно яркими; новыми же их, может-быть, не следовало бы называть, так как нередко можно с уверенностью сказать, что они существовали и раньше, хотя бы и в виде слабых звездочек.

Одна из наиболее известных новых звезд наблюдалась в 1572 году. Она была открыта датским астрономом Тихо-Браге в созвездии Кассиопеи и по его имени иногда называется звездой Тихо. Эта звезда обладала такой яркостью, что была видна даже днем, и по яркости в 6 раз превосходила Венеру. Звезда Тихо сохраняла свою значительную яркость несколько недель, затем стала ослабевать и через два года исчезла. Цвет ее вначале был белый, а затем перешел в красноватый. Точного положения этой звезды мы не знаем; но приблизительно на том месте, где она появлялась, видна теперь в созвездии Кассиопеи маленькая звездочка 11-ой величины, и некоторые астрономы отожествляют ее со звездой Тихо.

Затем в 1604 году наблюдалась Кеплером другая звезда, которая также была видна днем и по яркости лишь немного уступала звезде Тихо. Звезда Кеплера появилась в созвездии Змееносца.

Мы не будем перечислять всех новых звезд, появлявшихся в различные времена. В настоящее время к исследованию новых звезд стали применять спектральный анализ. Первая звезда, которая была изучена при помощи спектроскопа, появилась в 1866 году в созвездии Короны. Она появилась на том месте, где до этого времени была видна звездочка 9—10 величины, и яркость ее сразу дошла до 3-ей величины. За ней следует новая звезда 1876 года в созвездии Лебедя. В спектрах этих обоих звезд были замечены светлые линии, характеризующие туманности.

Более точно была изучена новая звезда, замеченная 23-го января 1892 года в созвездии Возничего. Она была 4,3 звездной величины. Вскоре после ее открытия было замечено в ней несколько неправильных колебаний яркости, и в конце апреля она исчезла. Линии в ее спектре были очень широки и светлы. Со стороны фиолетового конца они были ограничены широкими темными полосами. Интенсивнее всего выделялись из них линии водорода. В августе того же года ее снова открыли в виде туманности. В спектре ее к этому времени появились характерные для туманностей линии. В спектре Новой Возничего, в период ее значительной яркости, наблюдалось смещение линий, соответствующее скорости в 900 километров в секунду.

За Новой Возничего наблюдались одна за другой несколько новых звезд, но мы остановимся на одной из них, наиболее замечательной и наиболее подробно изученной. Это—Новая Персея. Она была открыта 22-го февраля 1901 г. любителем астрономии Андерсоном. В момент открытия она была звездой 2,7 величины, но уже на другой день она превосходила по яркости

все звезды северного полушария. Это была ее наибольшая яркость, которая в тот же день стала падать. Падение яркости сначала шло медленно, и к 18-му марту она обратилась в звезду 4-й величины, потом яркость ее быстро упала на одну величину, а 19-го марта произошла новая вспышка, увеличившая ее яркость сразу на 1½ величины. После этого, начались периодические вспышки и новые падения яркости, причем промежуток между двумя последующими вспышками, становился все длиннее и длиннее, и постепенно с трех дней увеличился до 5. С каждым новым падением яркости звезда делалась все слабее и слабее; точно также при каждой новой вспышке она уже не достигала наибольшей яркости, которой обладала при прежних вспышках. Такие колебания продолжались до 22-го июня, когда она в последний раз значительно увеличилась в яркости, а 23-го июня она была уже звездочкой 6-ой величины. После этого яркость ее постепенно уменьшалась и наконец, дошла до 12-ой величины, и такой слабой звездочкой она остается и в настоящее время. Исследование фотографических пластинок, снятых с той части неба, где появилась Новая Персея, показало, что за 28 часов до ее открытия на месте ее появления не было звезды ярче 11-ой величины; более слабые звезды на этих пластинках не могли получиться вовсе. Пикеринг, исследовавший эту область неба за несколько лет раньше, нашел на том месте, где появилась Новая Персея, звездочку 14-ой величины. Ее существование можно было проследить с 1890 года.

При изменениях своей яркости Новая Персея обнаруживала также изменение цвета. При наибольшей яркости она была ярко белого цвета; с падением яркости, цвет ее переходил сначала в желтоватый, потом в желтый и, наконец, в красноватый. При дальнейших вспышках блеска звезда каждый раз становилась белой, а при падении яркости делалась снова красноватой. Периодические изменения цвета сопровождались периодическими изменениями вида спектра. При наибольшей яркости звезды спектр был сплошным с весьма интенсивной фиолетовой частью и с очень слабыми широкими размытыми полосами поглощения, принадлежащими преимущественно водороду. С уменьшением яркости полосы начали лучше выделяться, и к ним присоединились еще светлые линии. Линии были сильно смещены, и это смещение по принципу Доплера-Физо давало скорость в 1500 километров в секунду. Такая большая скорость представлялась невероятной, и потому смещение линий пришлось приписать каким-либо изменениям в физическом состоянии звезды. С течением времени сплошной спектр Новой ослабел, а светлые линии сделались очень яркими. Когда при падении яркости начались ее периодические колебания, то и вид спектра также подвергался периодическим изменениям, и при наибольшей яркости сплошной спектр усиливался, а при наименьшей ослабевал, или даже совершенно пропадал, и наоборот, ярко выступали светлые линии и среди них линии туманностей. Наконец, когда колебания яркости прекратились, и яркость продолжала постепенно падать, спектр Новой Персея сделался сходным со спектром звезд Вольфа-Райе. Эти характерные явления обыкновенно наблюдаются у всех новых звезд.

Туманность около Новой Персея была обнаружена также при помощи фотографии. Характерно то, что туманность как бы постепенно удалялась

от новой звезды, и скорость ее перемещения была около 300,000 километров в секунду. Такая большая скорость, близкая к скорости света, заставила допустить, что здесь мы имели дело с световым явлением. Именно вспышка звезды осветила находившуюся вокруг звезды темную туманную массу, и в то время как свет распространялся по этой массе все дальше и дальше, звезда стала потухать и части туманной массы, более близкие к звезде, тоже перестали освещаться.

Об'яснить появление новых звезд весьма трудно. По мнению Фогеля в данном случае происходит столкновение двух мировых тел в пространстве, может быть, двух звезд, а, может быть, звезды и туманности. При таком столкновении должно развиваться громадное количество света и тепла. Зелигер предположил, что появление новых звезд об'ясняется тем, что звезда влетает в космическое облако, состоящее из мельчайших частичек и газообразных масс и обладающее в различных своих частях более или менее значительными сгущениями. Прохождением звезд поочереди через более сгущенные части облака и через более разреженные ее места и об'ясняются периодические вспышки и ослабления яркости новых звезд. Однако, точного об'яснения всех подробностей, наблюдаемых в новых звездах, мы все же до сих пор не имеем.

Считаем не лишним указать, что в последнее время были открыты две яркие новые звезды: одна была открыта летом 1918 года в созвездии Орла, другая в августе 1920 года в созвездии Лебедя. Обе они были, независимо от заграничных астрономов, открыты и русскими астрономами. При наибольшей своей яркости они были звездами 1-й величины. В различных подробностях они обнаруживали те же явления, которые наблюдались и у других новых звезд.

ГЛАВА XI.

Млечный путь. Строение вселенной.

§ 81. Млечный путь.

Красоту звездного неба завершает так называемый млечный путь, являющийся, может быть, самой сложной звездной системой. В ясную, безлунную ночь читателю, вероятно, неоднократно приходилось любоваться млечным путем, представляющим собою туманную, светящуюся меланхолическим светом полосу, которая тянется через все небо приблизительно по дуге большого круга. Если наводить телескоп на отдельные части этой туманной полосы, то глазу наблюдателя, в поле зрения трубы, представится огромное число мелких звездочек. Но надо заметить, что строение млечного пути далеко не однородное на всем протяжении. Местами разрешение млечного пути на отдельные звезды при помощи телескопа достигается весьма легко, местами

же поле зрения трубы представляется сплошь заполненным светящейся материей, так как отдельные звездочки слишком скучены и налегают друг на друга. Наименее богатое звездами место млечного пути лежит в созвездии Ориона. От Ориона на север млечный путь идет между созвездиями Близнецов и Тельца к созвездиям Персея и Классиопеи. Он становится все ярче и наибольшей яркости достигает в созвездии Лебедя. Здесь млечный путь разветвляется. Одна из его ветвей более яркая проходит через созвездия Орла и Стрельца к созвездию Скорпиона, где она соединяется с другой слабой ветвью, прошедшей через созвездие Змееносца. Далее млечный путь направляется к Южному Кресту, после чего в нем замечается много ослаблений и перерывов, называемых за свою черноту угольными мешками. Ширина

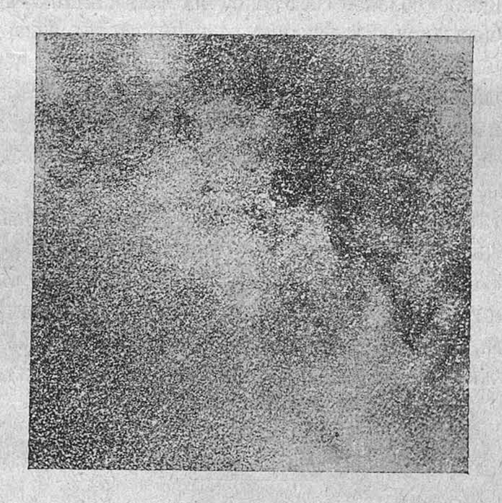


Рис. 91. Млечный путь близь β Лебедя.

Млечного пути в различных его частях сильно колеблется. В Созвездии Лебедя эта ширина достигает 15°, в Созвездии Корабля она доходит почти до 30°. Самое же узкое место Млечного пути находится в Созвездии Южного Креста, где его полоса имеет не более 3° ширины. Если млечный путь считать за дугу большого круга, то полюсы его лежат в двух незначительных, очень бедных звездами созвездиях Волос Вереники и Скульптурной Мастерской.

На рис. 91 изображена отдельная часть млечного пути, заключающая весьма большое число звезд.

Говоря о млечном пути, необходимо упомянуть о двух замечательных туманных пятнах, находящихся в южном полушарии и обращающих на себя внимание даже неопытного наблюдателя. Эти туманные пятна названы Магеллановыми облаками. Одно из них носит название Большого облака, другое меньших размеров, называется Малым облаком. Большое облако расположено между южным полюсом и яркой звездой Канопус в созвездии Корабля, а Малое между южным полюсом и звездой Ахернаром в созвездии Эридана.

Оба облака доступны невооруженному глазу, и Большое видимо даже при сильном лунном свете. Большое облако занимает площадь в 200 раз большую, чем луна, и представляется в виде довольно правильного четыреугольника, неодинаковой в разных частях яркости. Малое облако занимает в 4 раза меньшую площадь по сравнению с Большим и имеет вид продолговатой туманности. Яркость ее значительно меньше яркости Большого облака. Магеллановы облака состоят из скопления отдельных туманностей, звездных куч и одиночных звезд. Эти облака, повидимому, представляют собою оторванные в сторону большие клочья общей массы млечного пути.

§ 82. Распределение звезд и туманностей на небе.

Распределение звезд на небе даже при первом взгляде не представляется однообразным. Нередко мы видим, что даже более яркие звезды собраны в отдельные группы. Изучая так называемые звездные каталоги, в которые заносятся положения различных звезд, можно заключить, что среднее число звезд, приходящихся на один квадратный градус, быстро и довольно правильно возрастает в направлении от полюсов млечного пути к самому млечному пути, где все звезды в высшей степени скучены между собой. Нагляднее всего в этом можно убедиться, делая подсчет звезд тем способом, который был применен В. Гершелем. Он сосчитывал, сколько звезд можно было видеть за один раз в поле зрения трубы, наводя постепенно трубу на разные части неба. Всего он сделал 3400 таких сосчитываний, или, как он говорил, «черпков». Такого рода исследования были продолжены и другими астрономами. Из наблюдений В. Гершеля оказалось, что вблизи полюса млечного пути в поле зрения его 20-футового рефлектора, дающего изображения звезд при помощи отражения от зеркала, зараз видно в среднем 4 звезды. В расстоянии 45 градусов от полюса по направлению к млечному пути в поле зрения того же инструмента зараз видно около 10 звезд. Наконец, в самом млечном пути это число увеличивается до 122. Такое правильное увеличение числа звезд наблюдается во всех случаях, будем ли мы передвигать телескоп от того или другого полюса млечного пути к созвездию Кассиопеи, или к созвездию Лебедя, или к созвездию Южного Креста, или к созвездию Скорпиона, или вообще к какому-нибудь другому созвездию, расположенному в Млечном пути. Эти исследования относятся к звездам вообще. Но приблизительно тот же самый закон относится и к распределению двойных и переменных звезд: их меньше там, где вообще мало звезд, и больше там, где звезд много, и потому они чаще всего встречаются около млечного пути. Точно также и новые звезды обычно появляются в самом млечном пути или недалеко от него. Звездные скопления также преобладают вблизи млечного пути. Общий же характер распределения туманностей противоположен распределению звезд и звездных скоплений: они большею частью встречаются у полюсов млечного пути.

§ 83. Строение млечного пути.

Что же такое представляет собою млечный путь? Он состоит из огромного числа очень слабых звезд, и вся эта масса звезд в первом приближении может быть рассматриваема, как звездный слой, имеющий форму огромного почти плоского диска. В состав этого звездного слоя входит также и солнце со всей планетной системой. Но в этом огромном звездном диске звезды не распределены равномерно, а они разделяются на отдельные сгущения, представляющие собою, так сказать, звездные облака. Звездные облака, образующие своей совокупностью млечный путь, имеют различные размеры; местами они соприкасаются друг с другом, местами отделены друг от друга сравнительно пустыми промежутками. В одном из таких облаков находится и наше солнце вместе с сотнями тысяч других звезд. Главной своей массой это последнее звездное облако направлено в северную часть неба к созвездию Лебедя; в противоположную сторону, в южную часть неба простирается лишь небольшая часть этого облака. Таким образом, солнце, а вместе с ним и земля, находятся не в центре своего звездного облака, а почти на самом его краю.

Кочковатость млечного пути об'ясняется нагромождением звездных облаков одного на другое. Прерывистый же характер, встречающийся в некоторых частях млечного пути, обусловливается сравнительными пустотами между звездными облаками. Разделение млечного пути от созвездия Лебедя до созвездия Скорпиона является не реальным, а кажущимся и зависит от особого расположения друх громадных звездных облаков. Более темные места млечного пути, иногда резко выделяющиеся среди освещенных его частей, и в первую очередь «угольные мешки», наблюдаемые около созвездия Южного Креста, суть не что иное, как прогалины между двумя или более звездными облаками, которые глаз наблюдателя относит приблизительно в одно и то же место небесного свода. В этих прогалинах иногда замечается слабое сияние: это, по всей вероятности, более отдаленные звездные облака, принадлежащие тому же млечному пути, или, может-быть, находящиеся за его пределами.

§ 84. Строение вселенной.

Ознакомившись со всем тем, что дают нам наблюдения относительно небесных светил и всего звездного неба, читатель невольно должен заинтересоваться вопросом о том,что же представляет из себя весь этот звездный мир, имеет ли границы то пространство, внутри которого он заключен, и вообще, как построена вся вселенная.

Древние астрономы полагали, что в центре всей вселенной находится земля, и что все светила и вообще весь звездный мир созданы исключительно для того, чтобы обслуживать в том или другом отношении человечество, населяющее землю. Такой взгляд, от которого долго не могли отрешиться, тормозил развитие астрономии, и благодаря этому для многих астрономических явлений приходилось придумывать весьма сложные об'яснения. Копернику,

как мы видели, принадлежит честь внесения существенных изменений в астрономическое мировоззрение древних. Он низвел землю в разряд планет. и в центре вселенной было помещено солнце. Некоторое время солнцу как будто приписывалось до известной степени первенствующее значение среди звезд. Но теперь, после всех новейших астрономических открытий и исследований, и от такой точки зрения необходимо решительно отказаться. Солнце есть лишь одна из многочисленных звезд и при том вовсе не наибольшая. Оно является рядовым членом огромной звездной системы, называемой млечным путем, и не только не находится в центре всей вселенной, но даже в том млечном пути, к которому оно принадлежит, оно не занимает центрального положения.

При настоящем состоянии знаний строение вселенной можно представить себе следующим образом.

Громадное большинство видимых нами звезд заключено в пространстве, напоминающем, в грубых чертах, тонкий и сплюснутый диск, поперечник которого превышает его толщину примерно раз в 10. Это и есть млечный путь. Внутри этого пространства звезды распределены так, как это было описано в предыдущем параграфе. Именно, млечный путь разделяется на ряд громадных звездных облаков. По длине и ширине этого звездного слоя, образующего млечный путь и заключающего в себе сотни миллионов звезд, повидимому, даже при помощи самых сильных наших инструментальных средств до его пределов мы пока еще не проникли; толщина же этого слоя, как уже сказано выше, ограничена, и потому в этом направлении его пределы могут быть доступны для наблюдений. Но млечный путь, по всей вероятности, представляет собою лишь срединный слой в более обширном пространстве, простирающемся за пределы млечного пути и заключающем в себе еще более огромное число звезд и, может-быть, другие млечные пути, подобные тому, к которому принадлежит солнце. Все это пространство, имеющее приблизительно такую же форму, как и млечный путь, носит название вселенной, размеры которой определяются тем, что поперечник ее свет проходит примерно в 40.000 лет. По обе стороны от плоскости млечного пути в направлении, перпендикулярном к ней, число звезд вообще не велико, и это сравнительно беззвездное пространство занято главным образом туманностями. В пределах млечного пути и отдельных облаков, входящих в его состав, мы встречаем большое разнообразие небесных тел. Быть-может, большая часть звезд этого слоя являются одиночными; но некоторые из них, как мы видели, сгруппированы в двойные и кратные системы и в звездные скопления. Отчасти в состав млечного пути входят и туманности, хотя многие из них, весьма возможно, находятся за его пределами. Вообще звезды различны между собою по яркости, размерам, весу, химическому составу и стадии своего развития. Среди бесчисленного количества звезд могут встречаться системы более сложные, чем наша планетная система. Хотя планетная система не может считаться образцом для других звездных миров, но все же некоторые из звезд, представляющиеся нам одиночными, в действительности могут являться центральными телами в системах, подобных нашей солнечной. Возможно также, что и в некоторых системах двойных звезд имеются также темные тела, недоступные нашим

наблюдениям. Существование темных тел во вселенной несомненно, и оно, как мы видели, подтверждается спектральными наблюдениями. Весьма вероятно, также существование в междузвездном пространстве и невидимых туманных масс. Мы уже знаем, что некоторые туманности не доступны визуальным наблюдениям, но могут быть воспроизведены при помощи фотографии. Звездные скопления представляют собою весьма сложные системы небесных тел. Все небесные тела, как одиночные, так и соединенные в физические системы, находятся в постоянном движении. Изучение этих движений составляет одну из важнейших задач астрономии. Но с точностью такое движение изучено лишь для небольшого числа небесных тел. Хорошо исследованы движения тел, входящих в состав нашей солнечной системы. Удовлетворительно разрешаются задачи о движениях двойных звезд, хотя здесь не достигнута та точность, с которой определяются движения наших планет. Изучение движений в более сложных звездных системах еще только намечается. Точно также не может считаться окончательно разрешенным с полною точностью задача о движении всех звезд нашего млечного пути во всей их совокупности.

Таким образом, хотя многие вопросы в астрономии уже разрешены, для целого ряда других намечены пути разрешения, тем не менее и в настоящее время перед астрономами лежит необ'ятный океан не исследованного и еще не разрешенного. Но вся история развития астрономии, показывающая, что вековая работа многих ученых, настойчиво стремившихся выяснять истину, энергичная борьба некоторых из них с закоренелыми предрассудками и суевериями привели к простому решению основных астрономических вопросов, служит порукой, что впредь будут преодолены все препятствия и будут наилучшим образом разрешены труднейшие и важнейшие астрономические задачи.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Введение.

ГЛАВА I.

Астрономические инструменты и способы наблюдений.

ГЛАВА II.

Луна.

ГЛАВА III.

Солнце.

ГЛАВА IV.

Планеты и их спутники.

ГЛАВА V.

Земля.

ГЛАВА VI.

Солнечные и лунные затмения.

ГЛАВА VII.

Кометы и падающие звезды.

Стран

ГЛАВА VIII.

Мир неподвижных звезд.

ГЛАВА IX.

Двойные звезды, звездные скопления и туманности.

ГЛАВА X.

Переменные и новые звезды.

ГЛАВА XI.

Млечный путь. Строение вселенной.

Главное Управление Государственного Издательства
МОСКВА ★ 1922